



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-  
och växtproduktionsvetenskap

# Klimatanpassning med biofilter

– utvecklingsalternativ för kvarterstadens gatumiljö

Climate change adaptation with bio retention facilities

– development options for dense urban streetscapes

Johan Nilsson

## **Klimatanpassning med biofilter – utvecklingsalternativ för kvartersstadens gatumiljö**

Climate change adaptation with bio retention facilities  
– development options for dense urban streetscapes

Johan Nilsson

**Handledare:** Anders Kristoffersson, SLU, Institutionen för Landskapsarkitektur,  
planering och förvaltning

**Examinator:** Bengt Persson, SLU, Institutionen för Landskapsarkitektur,  
planering och förvaltning

**Bitr examinator:** Frida Andréasson, SLU, Institutionen för Landskapsarkitektur,  
planering och förvaltning

**Omfattning:** 30 hp  
**Nivå och fördjupning:** A2E  
**Kurstitel:** Master Project in Landscape Architecture  
**Kurskod:** EX0775  
**Program:** Landskapsarkitektprogrammet

**Utgivningsort:** Alnarp  
**Utgivningsår:** 2016  
**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** biofilter, regnbädd, dagvattenhantering, kvartersstad, gatumiljö, grönstruktur

## FÖRORD

---

Jag skulle vilja rikta ett stort tack till Tom Liptan, som tog sig tid att visa mig olika dagvattenlösningar runt om i Portland. Hans pedagogiska förklaringar och berättelser om arbetet med olika projekt gav en bra insikt i vilka möjligheter som finns med hållbar dagvattenhantering. Tack även till Emily Hauth på miljöförvaltningen i Portland för hennes tid.

Tack till mina kollegor på WSP Samhällsbyggnad i Malmö, för att jag fick låna kontorsplats under arbetet med uppsatsen och för ert uppmuntrande intresse under arbetets gång.

Tack till min handledare Anders för bra samtal och stöd i arbetet.

Tack till vänner och familj för god uppmuntran.

## SAMMANFATTNING

---

I tätbebyggda kvartersstadsområden, som återfinns i de flesta svenska stadskärnor, är det begränsade utrymmet mellan husen till stor del hårdgjort. Detta gör dessa områden sårbara för värmeböljor och skyfall, två konsekvenser som väntas av ett varmare klimat.

I detta examensarbete undersöks hur biofilter - växtklädda ytor som hanterar dagvatten - kan anläggas i befintliga gaturum för att skydda våra städer mot klimatförändringarnas konsekvenser och samtidigt skapa mervärden för staden.

Goda exempel har studerats i Portland, Köpenhamn och Malmö - tre städer som redan påbörjat arbetet med att anlägga biofilter på gatumark.

Utifrån observationer gjorda i de tre städerna, och en litteraturstudie kring grönskans roll i gaturummet, ges exempel på hur biofilter kan anläggas på allmän platsmark.

En digital stadsmodell, representativ för generella kvartersstadsmiljöer, har skapats för att illustrera de föreslagna exemplen. Utifrån exemplen har fem typlösningar valts ut för mer ingående analys.

Med digitala visualiseringar har dessa fem typlösningar sedan applicerats på befintliga platser i stadsdelen Slottsstaden i centrala Malmö, en stadsdel som drabbades hårt av översvämningar efter skyfallet 2014. Personer tillfrågade i området fick sedan i en enkätundersökning utvärdera förändringen i stadsbilden.

Resultatet visar att det finns god potential för att mildra konsekvenserna från både värmeböljor och skyfall genom att anlägga biofilter i gatumiljö, samtidigt som tillföra staden ekologiska, ekonomiska och sociala mervärden.



## ABSTRACT

---

In dense urban neighborhoods, found in most Swedish city centers, the limited space between the houses is mainly impervious. This makes these areas vulnerable to heat waves and cloudbursts, two consequences expected of a warmer climate.

This thesis examines how bio retention facilities – vegetated surfaces managing stormwater – can be retrofitted within existing streetscapes to protect our cities from the consequences of climate change whilst creating added values.

Good examples have been studied in Portland, Copenhagen and Malmö – three cities which have already taken on the task of constructing bio retention facilities on urban streets.

Based on observations made in the three cities and a literature study about the role of greenery in the streetscape, examples are given of how bio retention facilities can be retrofitted into the public space.

A digital city model, representative for dense urban neighborhoods, has been created to illustrate the proposed examples. Five examples have been given a more thorough analysis.

Using digital visualizations, these five examples have been applied to existing streetscapes of *Slottsstaden*, a neighborhood in central Malmö that was heavily afflicted during a cloudburst in 2014. People in the neighborhood were asked to take a survey and evaluate the change in the streetscape.

The results show that there is good potential to mitigate effects of both heat waves and cloudbursts by retrofitting bio retention facilities into urban streets, while creating ecologic, economic and social values within the city.

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

---

Förord .....	2
Sammanfattning.....	3
Abstract .....	4
Ordlista .....	7
1 Inledning.....	8
1.1 Bakgrund .....	8
1.2 Syfte och mål .....	8
1.3 Frågeställningar .....	8
1.4 Avgränsning .....	8
1.5 Metod och material .....	9
2 Klimatförändringarna och staden.....	10
2.1 Ett förändrat klimat.....	10
2.1.1 Klimatförändringar i Sverige .....	10
2.1.2 Sårbarhet och klimatanpassning .....	11
2.1.3 Skyfall & översvämningar .....	12
2.1.4 Värmeböljor och värmeöar .....	12
2.2 Urbanisering och förtätning .....	14
2.2.1 Stadsbilismen och gatan .....	14
2.3 Blå-gröna gator .....	18
2.3.1 Gaturummet .....	19
2.3.2 Hälsa .....	19
2.3.3 Ekonomi .....	20
2.3.4 Sociala aspekter .....	20
3 Urban dagvattenhantering .....	21
3.1 Kategorisering av öppna dagvattenlösningar .....	22
3.1.1 Lokalt omhändertagande på privat mark .....	22
3.1.2 Fördröjning nära källan på allmän platsmark .....	23
3.1.3 Trög avledning .....	23
3.1.4 Samlad fördröjning .....	23
3.2 Fördjupning i öppna dagvattenlösningar .....	24
3.2.1 Biofilter .....	24
4 Fallstudier.....	29
4.1 Köpenhamn .....	29
4.1.1 TÅSINGE PLADS .....	30
4.1.2 Bilder från Köpenhamn .....	31
4.1.3 Sammanfattning Köpenhamn .....	33
4.2 Portland .....	33

4.2.1	Green streets .....	33
4.2.2	Bilder från Portland .....	34
4.2.3	Sammanfattning Portland .....	39
4.3	Malmö .....	39
4.3.1	Bilder från Malmö .....	40
4.3.2	Sammanfattning Malmö .....	41
4.4	Sammanfattning av fallstudieobservationer .....	42
5	Förslag.....	43
5.1	Modell över kvartersstad .....	43
5.1.1	Att hitta ytor för biofilter .....	43
5.2	Utformning av biofilter i modellen .....	46
5.2.1	Exempel på olika typer av byggstenar .....	48
5.2.2	Typlösningar applicerat på stadsmodellen .....	50
5.2.3	Exempel på metoder .....	50
5.3	Typlösningar .....	58
5.3.1	Beräkningar .....	58
5.4	Visualiseringar .....	71
5.5	Enkätundersökning kring allmänhetens uppfattning .....	82
5.5.1	Resultat.....	83
6	Diskussion.....	85
6.1	Avslutande reflektioner .....	88
6.1.1	Brister i metoden .....	89
6.1.2	Förslag på vidare undersökningar .....	89
	Referenser .....	90
	Böcker .....	90
	Hemsidor .....	90
	Rapporter .....	90
	Studentarbeten .....	91
	Tidskriftsartiklar .....	91
	Okategoriserade .....	92

## ORDLISTA

---

Avloppsvatten	“Samlingsbegrepp för spillvatten, använt kylvatten, dagvatten och dräneringsvatten.” (Stockholm stad, 2005 s.2)
Biofilter	“... en vegetationsbeklädd markbädd med fördröjnings- och översvämningsszon för infiltrering och behandling av dagvatten”. (Lindfors et al, 2014 s.33)
Dagvatten	“... ytligt avrinnande regn- och smältvatten”. (Lindfors et al, 2014 s.65)
Duplicerat ledningssystem	“Dagvattnet leds i egna ledningar till ytvattenrecipient och spillvattnet leds i egna ledningar till avloppsreningsverk.” (Stockholm stad, 2005 s.2)
Hållbar utveckling	Definitionen av hållbar utveckling definierades 1987 i Brundtlandrapporten som “... en utveckling som tillgodoser dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillgodose sina behov” (NE 2015, online)
Infiltration	“... inträngning av vätska i poröst eller sprickigt material, t.ex. vattnets nedträngande i marken”. (Lindfors et al, 2014 s.65)
Kombinerat ledningssystem	“Dagvattnet leds i samma ledningar som spillvattnet till avloppsreningsverk.” (Stockholm stad, 2005 s.2)
Kvarterstad	Bostadsområden, huvudsakligen uppförda runt förra sekelskiftet, med slutna kvarter av enhetliga hus runt fem till sex våningar. Senare bebyggelse något glänsare, öppnare och grönnare med breda lokalgator. (Malmö stad, 2006)
Perkolation	“... markvattnets nedåtriktade rörelse från den omätade zonen till den mättade (grundvatten)zonen.” (Lindfors et al, 2014 s.65)
Recipient	“... avser dagvattnets mottagare, t.ex. grundvatten, sjöar, vattendrag och hav.” (Lindfors et al, 2014 s.65)
Spillvatten	“Använt/förorenat vatten från bostäder, arbetsplatser m.m.” (Stockholm stad, 2005 s.2)

## 1 INLEDNING

---

### 1.1 BAKGRUND

---

Det begränsade utrymmet mellan husen utgör en stor del av det fritt tillgängliga levnadsutrymmet i staden. Gaturummet rymmer många funktioner, både för transport och sociala aktiviteter (Malmö stad, 2006). De gröna inslagen i vår bostadsnära gatumiljö utgör en viktig oas för de som saknar tillgång till egen trädgård (Boverket, 2004), och gröna områden förser staden med många värden (Jansson et al, 2013).

Grön infrastruktur bidrar också till att stärka stadens motståndskraft när klimatet förändras (EEA, 2012), en klimatförändring som ses föra med sig konsekvenser som kostsamma översvämningar vid skyfall (MSB, 2013) och hälsovådliga värmeböljor (Thorsson, 2012).

Men de gröna ytorna i staden riskerar att bebyggas eller överbelastas vid en ökad förtätning av staden (Jansson et al, 2013). Å andra sidan ses förtätningen av våra städer ge många värden, tydliga ur socialt, ekonomiskt och ekologiskt perspektiv (Stähle, 2008). Utmaningen ligger i att skapa en hållbar stad som är både tät och full av grönstruktur, annars riskerar den att tappa sin attraktivitet som boplatz och arbetsplats (ibid).

Hållbar dagvattenhantering med grön infrastruktur har på senare år förespråkats som en metod för att öka mängden nederbörd som staden kan hantera, samtidigt som grönytor ger staden och invånarna mervärden som traditionella tekniska lösningar missar (Stahre, 2004). Grön infrastruktur för hållbar dagvattenhantering kan potentiellt möjliggöra en tät, grön och attraktiv stad, som är rustad för framtida klimatförändringar.

### 1.2 SYFTE OCH MÅL

---

Detta examensarbete syftar till att undersöka hur vi kan anpassa våra befintliga stadsmiljöer för att hantera framtida klimatförändringar på ett sätt som skapar hållbara och attraktiva städer.

Målet med arbetet är att ge förslag på hur biofilter (vegetationsklädda ytor för öppen dagvattenhantering) kan integreras på allmän platsmark i innerstadens gaturum. Dessa förslag grundas i studier av litteraturen och befintliga exempel.

### 1.3 FRÅGESTÄLLNINGAR

---

- ❖ Vilka effekter har en ombyggnad av hårdgjorda ytor i innerstadsgaturum till biofilter ur klimatanpassningssynpunkt?
- ❖ Vilka ytor i gaturummet kan tas i anspråk för anläggning av biofilter?
- ❖ Tillför en sådan ombyggnad staden ekonomiska, sociala eller ekologiska värden?
- ❖ Vilken inverkan skulle omfattande ombyggnader av detta slag ha på gaturummens attraktivitet och hur skulle det uppfattas av invånarna?

### 1.4 AVGRÄNSNING

---

Mycket tillgänglig litteratur behandlar biofilter i länder med ett klimat som skiljer sig mycket från Sveriges, t.ex. Brasilien eller Australien. Jag har försökt undvika att använda dessa källor då skillnader i klimatet kan tänkas påverka funktionen, särskilt gällande vegetation.

Utöver biofilter finns det flera lösningar för fördröjning, magasinering och rening av dagvatten som är lämpliga i befintlig hårdgjord stadsmiljö, t.ex. filter, magasinering och genomsläpplig mark (Lindfors et al, 2014). Men dessa lösningar innefattar ingen vegetation. Då denna uppsats till stor del behandlar effekterna av förbättrad grönstruktur i stadsbilden, till följd av dagvattenhantering, behandlas den typen av lösningar inte.

Övriga avgränsningar:

- ❖ Arbetet kommer huvudsakligen att behandla stadsmiljöer och gaturum som faller under kategorin kvartersstad, eller stenstad, med hög andel hårdgjorda ytor.
- ❖ Arbetet kommer att behandla ombyggnad av befintliga miljöer, ej nyexploatering.
- ❖ Arbetet fokuserar på allmän platsmark, inte privatägd kvartersmark.
- ❖ Arbetet behandlar inte alla förväntade konsekvenser av klimatförändringar, utan endast de som tros röra biofilter. Exempelvis ger biofilter inget skydd mot havsnivåhöjning.

## 1.5 METOD OCH MATERIAL

Detta arbete är uppdelat i tre huvuddelar: en litteraturstudiedel som ämnar ge en samlad förståelse för de olika områden som uppsatsens tema berör, en fallstudiedel där inspirerande och goda exempel studeras och utvärderas, samt en förslagsdel där kunskap vunnen i litteraturstudien och insikter från fallstudierna resulterar i konkreta förslag.

Följande sökord har använts vid litteratursökning, enskilt eller i kombination: *rain garden, sustainable stormwater management, climate change adaptation, public health, pollutants, flood risk, urban heat island, urban trees, hållbar stad, klimatanpassning, dagvattenhantering, regnbädd,*

*biofilter, hälsa, trafiksäkerhet, gaturum, parkering, gatumiljö, grönstruktur, ekosystemtjänster, Portland, Klimakvarter, Monbijougatan.*

Litteratur har sökts på SLU Alnarps bibliotek och Malmö Stadsbibliotek, men också i databaserna *Web of Science* och *Google Scholar*. Källor har även hittats genom sökningar i sökmotorn *Google*. Därtill har viss litteratur funnits tillgänglig hos min arbetsgivare.

Eventuella översättningar av litteratur och källor har gjorts med stöd av det internetbaserade översättningsverktyget *Google Översätt* (<https://translate.google.se>).

Portland valdes som fallstudie då staden är välkänd för sitt arbete med öppen dagvattenhantering. Jag hade redan innan arbetet med uppsatsen börjat beviljats stipendier för att besöka staden. Köpenhamn och Malmö valdes eftersom de exemplen visar anpassning av befintliga stadsmiljöer av samma karaktär som uppsatsen berör. Slutsatser kring förändringar i miljö som görs i fallstudiedelen baseras på jämförelser mellan äldre och nyare gatubilder eller satellitbilder tillgängliga via karttjänster online, till exempel *Google Maps* (<https://maps.google.se>).

Till förslagsdelen har en tredimensionell stadsmodell skapats i programmet *Sketch-up Pro 2016*. Stadsmodellen har använts som skissunderlag för att prova olika idéer och utformningar av biofilter. Programmet gör det enkelt att mäta avstånd, studera sektioner och se förändringen i stadsrummet. Mått på gatusektioner har baserats på de i Malmö gatukontors publikation *Gatusektioner - Råd och exempel vid utformning av gatumiljöer* (Malmö stad, 2006), men baseras även på egna mätningar av gatumiljöer av kvartersstadskaraktär. Mätningarna har gjorts med mätverktyget i Eniros onlinekarttjänst (<http://kartor.eniro.se>).

Fem digitala visualiseringar har gjorts för att ge läsaren en bättre bild av hur gatubilden kan komma att förändras. De digitala visualiseringarna baseras på fotografier tagna av författaren och har gjorts med en kombination av programmen Sketchup Pro 2016 och Adobe Photoshop CS5.

Visualiseringarna utvärderas till sist i en enkätundersökning. Enkätens frågor och upplägg utformades i samråd med handledare. Då det antogs att antalet svarande skulle bli lågt, med tanke på antalet timmar som kunde läggas på detta, gjordes enkäten simpel. Resultaten bör därför mest ses som en intressant kommentar och kan inte ligga till grund för några djupare insikter, då enkäten ej är utformad efter någon beprövad vetenskaplig metod som möjliggör statistiskt säkerställda slutsatser.

## 2 KLIMATFÖRÄNDRINGARNA OCH STADEN

---

### 2.1 ETT FÖRÄNDRAT KLIMAT

---

I sin femte och senaste utvärderingsrapport konstaterar FN:s klimatpanel, IPCC (2013), att det sker en otvetydig uppvärmning av det globala klimatsystemet sedan mitten på nittonhundratalet, huvudsakligen till följd av ökande koncentrationer av växthusgaser i atmosfären, och det är extremt sannolikt att den förhärskande orsaken till detta är mänsklig aktivitet. Hittills har konsekvenserna av ett varmare klimat inneburit ett varmare hav och atmosfär, höjd havsnivå samt att glaciärer och landisar har minskat i storlek. (ibid)

Beroende på hur omfattande framtida utsläpp (emissioner) blir under det kommande århundradet, och vad den ackumulerade koncentrationen av växthusgaser i atmosfären därmed blir, ges olika scenarier för beräkning av kommande klimatförändringar. Dessa emissionsscenarier, som kallas RCPs (Representative Concentration Pathways) delas in i fyra nivåer (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5) som motsvarar olika koncentration av koldioxidkvivalenter i atmosfären. Alla emissionsscenarierna beräknas medföra att de redan påvisade klimatförändringarna (varmare hav och atmosfär, höjd havsnivå samt minskande glaciärer och landisar) fortsätter och tilltar. För att minska effekten måste utsläppen av växthusgaser minska kraftigt. (ibid)

IPCC:s sammanställda utvärderingsrapporter om klimatförändringar är de mest omfattande som finns tillgängliga enligt SMHI (Andersson et al, 2015).

---

#### 2.1.1 KLIMATFÖRÄNDRINGAR I SVERIGE

---

Dagens forskningsunderlag tyder på att Sveriges klimat kommer att bli varmare

och rikare i nederbörd, en fortsättning på de förändringar som redan skett. Intensiteten av kraftiga regn och skyfall väntas tillta. På lång sikt, 1991-2013 jämfört med 1865-1890, har en ökning i genomsnittlig årsmedeltemperatur med 1,6 grader celsius observerats. Framför allt är det vintermånaderna som har blivit varmare. Sett på de senare årens förändringar, 1991-2013 jämfört med 1961-1990, har vintertemperaturerna ökat i genomsnitt 1,5 grader celsius. Beroende på vilket emissionsscenario som används för framtida klimatförändringar väntas årsmedeltemperaturen vid seklets slut att ha stigit mellan 2 till 6 grader celsius, jämfört med åren 1961-1990. (Andersson et al, 2015)

En grads höjning i medeltemperatur är jämförbar med en förflyttning 15 mil norrut i Sverige (ibid). Som ett räkneexempel kan därmed utifrån detta sägas att 6 graders ökning skulle ge Östersund ett klimat motsvarande det i Malmö vid seklets slut.

#### **2.1.1.1 KONSEKVENSER AV ETT VARMARE KLIMAT I SVERIGE**

Extrema temperaturer på sommaren, värmeböljor, spås bli vanligare. Värmeböljor som idag återkommer ungefär vart tjugonde år kan komma att inträffa vart femte till vart tredje år vid seklets slut. I södra Sverige kan samtidigt 40 graders värmeböljor förväntas vart tjugonde år. (Andersson et al, 2015)

Skyfall väntas öka eftersom ett varmare klimat innebär att den varmare luften kan hålla mer vattenånga (MSB, 2013).

På senare år (1991-2013 jämfört med 1961-1990) har årsmedelnederbörden ökat med i genomsnitt 8 procent (52 mm). Framförallt är det sommarmånaderna som har blivit blötare, med en ökning på 17 procent (35 mm). Nederbörden vid seklets slut spås öka, framför allt under vintern och i landets norra delar. Skyfall och intensiva regn blir mer frekventa och kraftigare.

De värsta skyfallen under sommaren tros öka med 10-15 procent tills seklets slut. (Andersson et al, 2015)

---

#### **2.1.2 SÅRBARHET OCH KLIMATANPASSNING**

---

Konsekvenserna av ett förändrat klimat i Europa kommer att märkas först i städerna. Enligt European Environmental Agency (2012) ökar städernas sårbarhet för klimatförändringar till följd av ökande befolkningstal, förtätning och markexploatering, samt en åldrande befolkning. Även de ekonomiska värdena av samhällsviktig infrastruktur och service bidrar till den höga sårbarheten. Dessa problem kan delvis mildras av förbättrad grön infrastruktur, stadsplanering och stadsförvaltning. (EEA, 2012)

Att planera för framtida förändringar som ligger upp till hundra år fram i tiden innebär en osäkerhet, liksom den mesta planering gör. Eftersom att vi ännu inte vet vilken klimatmodell som är mest korrekt, vilket emissionsscenario som kommer utspela sig och hur världens framtida samhällsutveckling ser ut, är det svårt att peka ut ett specifikt klimatförändringsscenario att planera efter. En optimal planering för framtiden bör därför vara adaptiv och beakta ny kunskap. Vid planeringsbeslut är det viktigt med medvetenhet kring vilka risker som uppstår om klimatförändringarna underskattas. (Andersson et al, 2015)

**“För att minska samhällets sårbarhet för skyfall är man därför hänvisad till långsiktiga, proaktiva, förebyggande åtgärder”**

(MSB, 2013 s.6)



---

### 2.1.3 SKYFALL & ÖVERSVÄMNINGAR

---

**“Skyfall förväntas inträffa allt oftare och bli mer extrema i och med att klimatet förändras. Nästintill alla skyfall inträffar sommartid och främst under eftermiddag och tidig kväll i samband med kraftiga skurar.”**

(Andersson et al, 2015 s.112)

Kortvariga regn är oftast de mest kritiska för urbana avrinningssystem. Urbana områden är sårbara eftersom de har en hög koncentration av värden, människor och resurser. (MSB, 2013)

Översvämningar orsakade av kraftig lokal nederbörd, som överstiger ledningssystemets kapacitet, kallas för *pluviala översvämningar*. (MSB, 2013)

#### 2.1.3.1 KONSEKVENSER AV PLUVIALA ÖVERSVÄMNINGAR

---

Tidigare har fokus kring översvämningssproblematik legat vid konsekvenserna av långvariga regn, vilket ger höga flöden i vattendrag. Men nu lyfts risken för plötslig intensiv korttidsnederbörd då skyfall ser ut att bli vanligare, vilket t.ex. kan leda till källaröversvämningar till följd av dagvatten i avloppssystemet. (Andersson et al, 2015)

När kombinerade ledningssystem översvämmas tränger orenat avloppsvatten upp i dagen och blir stående, vilket utför en hälsofara och smittorisk. (MSB, 2013)

I juli 2011 drabbades Köpenhamn av ett skyfall som i vissa områden gav motsvarande två månadsnederbörder för juli på ett par timmar. Skyfallet drabbade flera kritiska samhällsfunktioner och de totala kostnaderna för översvämningen har i efterhand uppskattats till nära 6 miljarder danska kronor. (MSB, 2013)

I slutet av augusti 2014 upplevde även Malmö ett ovanligt kraftigt skyfall. Under 24 timmar föll 100 mm regn. Statistiskt sett är återkomsttiden för ett så kraftigt regn 100 år. (SMHI, 2014 online)

Som jämförelse kan sägas att urbana avrinningssystem vanligtvis är dimensionerade regn med 10 års återkomsttid (MSB, 2013).

Den nederbörd som överstiger dagvatten-systemets kapacitet samlas i lågpunkter genom avrinning, så kallad ytvattentransport. Om detta vatten avleds och ansamlas på grönytor innebär det sällan att några värden går förlorade. Värdeförluster kan alltså undvikas genom att styra vattnet från bebyggelse. (MSB, 2013 s.20)

I Köpenhamn arbetar staden med att skapa *skyfallsvägar* för att leda bort dagvattnet vid extrema skyfall (Klimakvarter, 2013). Mer om detta kommer i fallstudiedelen.

---

### 2.1.4 VÄRMEBÖLJOR OCH VÄRMEÖAR

---

Den urbana värmeöeffekten (eng. *urban heat island effect*) innebär kort att temperaturen i städer är högre än i det omgivande landskapet. Värmeöeffekten märks tydligast nattetid eftersom staden behåller värmen längre än omgivande landskap. Generellt sett är effekten som störst tre till fem timmar efter solnedgången. (Thorsson, 2012)

Värmeöeffekten är en konsekvens av följande faktorer:

- ❖ Bebyggelsens yt- och materialegenskaper, vilka påverkas av tre faktorer; Albedo (förmågan att reflektera bort solstrålning), emissivitet (hur mycket värme ett material avger) och värmekapacitet (hur lätt ett material värms upp).

- ❖ Bebyggelsegeometri. Dagtid påverkar bebyggelsens utformning (höjd, bredd, orientering, täthet o.s.v.) hur mycket solinstrålning som värmer upp ytor och material. Står husen tätt beskuggar de varandra och kan minska uppvärmningen under tidig och sen dag när solen står lägre, men bibehåller en högre temperatur igenom natten.
- ❖ Andel hårdgjorda ytor/vegetation. Vatten som avdunstar från en yta kyler ned den och den omgivande luften. Hårdgjorda ytor avleder vatten och torkar snabbare än genomsläppliga ytor, vilket leder till lägre avdunstning och minskad avkylning. Vegetation sänker luftens temperatur när de transpirerar vatten, och beskuggar dessutom omgivande ytor. Sammantaget gör det att en hög andel hårdgjorda ytor utan vegetation (t.ex. parkeringsplatser), och en låg andel vegetationsklädda genomsläppliga ytor (t.ex. parker), leder till en högre temperatur.
- ❖ Luftföroreningar och antropogena värmekällor. Energiförbrukningen från mänskliga aktiviteter i städer, som t.ex. bilar, avger värme i form av långvågig strålning. Luftföroreningar från förbränning, i form av bl.a. koldioxid och partiklar, absorberar den långvågiga strålningen och värmer upp luften.

(Thorsson, 2012)

#### 2.1.4.1 KONSEKVENSER AV VÄRMEBÖLJOR I STADEN

Effekten av värmeböljor bedöms vara det hotet från klimatförändringar som tydligast kommer att påverka oss i Sverige,

framför allt i storstädernas värmeöar. Vid värmeböljor i värmeöar minskar möjligheten till svalka och vila eftersom att även nätterna är varma. Det tar upp till 9 dagar för människokroppen att vänja sig vid högre temperaturer. Långvarig utsatthet för höga temperaturer riskerar att skada kroppens organ, främst hos sjuka, äldre, små barn och gravida. Generellt sett är svenska byggnader svåra att svalka under värmeböljor eftersom att de är designade för att hålla inne värme och släppa in mycket ljus (och därmed solinstrålning). Ökningar i sjukhusinläggningar och akutbesök under och efter värmeböljor har observerats på senare år. (Hall et al, 2015)

Vid höga temperaturer kan vissa luftföroreningar öka i mängd till följd av foto-kemiska processer, framför allt i områden med redan höga luftföroreningar som t.ex. storstadsområden. På grund av hög befolkningstäthet, närheten till resten av Europa och godstrafik är Skåne mer utsatt för luftföroreningar jämfört med resten av landet. Luftföroreningar orsakar inflammation i andningsvägar och lungor, men påverkar även indirekt hjärt- och kärlsystemet. (Hall et al, 2015)

Åström et al (2013) har studerat klimatförändringarnas effekt på värmeböljors dödlighet i Stockholm under åren 1980-2009, jämfört med referensperioden 1900-1929. De fann att dödligheten av värmeböljor har ökat betydligt jämfört med referensperioden. Detta kopplas till att värmeböljor har ökat i frekvens, intensitet, varaktighet och utbredning till följd av klimatförändringar. Beräkningarna visade att dubbelt så många avled under den studerade perioden (1980-2009) än vad som hade gjort det utan klimatförändringar. Beräknat i antal dödsfall blir det 288 personer som avled till följd av klimatförändringar. Datan justerades efter urbanisering och den urbana värmeöeffekten för att få jämförbara resultat mellan perioderna.

Utan denna justering steg dödssiffran till 447 personer, vilket betyder att värmeö-effekten har stor påverkan på värmeböljors dödlighet. Författarna drar slutsatsen att dödligheten från värmeböljor kommer att öka i framtiden till följd av fortsatta klimatförändringar i kombination med en ökande sårbar befolkning. (Åström et al, 2013)

## **2.2 URBANISERING OCH FÖRTÄTNING**

---

Världens befolkning ökar och allt fler flyttar in i städer. Trenden inom stadsplanering går mot att förtäta städer och bygga inåt såväl som utåt. Stadsförtätningen har många drivkrafter. Ur ett socialt perspektiv attraheras allt fler av en urban livsstil, att bo centralt med närhet till evenemang och umgänge, vilket skapat en efterfrågan på bostäder i centrala lägen. Ur ekonomisk synpunkt attraherar innerstadsområdena företag på grund av sin tillgänglighet. Ur ett ekologiskt perspektiv minskar exploatering av natur- och jordbruksmark då städer förtätas, och kortare avstånd minskar utsläpp från transporter. Samtidigt är det viktigt att bibehålla en hög kvalitet på stadsmiljön och grönytor, annars tappar innerstaden sin attraktivitet. Därför är den hållbara staden både tät och grön. (Ståhle, 2008)

På senare år har bebyggelsen ökat i svenska städer, men andelen grönyta har samtidigt minskat (Jansson et al, 2013).

Avloppsledningsnätets kapacitet påverkar risken för översvämning, men det gör även förhållandet mellan grönytor och hårdgjorda ytor (Andersson et al, 2015). Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB (2013), varskar om en samhällsutveckling där förtätning inom tätorter och hårdgörning inom tidigare grön tomtmark kan utfalla i en ökad belastning på VA-systemen.

Boverket konstaterar att "Förtätningen av bebyggelsen sker ofta på bekostnad av gröna områden, som lätt betraktas som markreserv för exploateringar." (Boverket, 2004 s.85)

När städer förtätas för att uppnå en funktionsblandad och hållbar struktur är det ofta grönytor som får betala priset. Mer än hälften av den mark som bebyggdes vid förtätning i större svenska städer mellan åren 2000 och 2005 var grönytor eller mark intill grönytor. Trenden att grönytor bebyggs var synlig i storstäderna redan tidigare femårsperiod. (SCE via Jansson et al, 2013)

Lägen invid grönytor ses som attraktiva både för handel och för bostäder. Detta skapar en hög efterfrågan på parknära fastigheter ökar risken att grönytor bebyggs. (Jansson et al, 2013)

De krympande grönytor som klarar sig från exploatering fragmenteras, utsätts för ökat buller och riskerar därmed att tappa sin attraktivitet och funktion (Boverket, 2004).

Större grönytor i staden exploateras alltså till följd av förtätningen, men grönytor behövs fortfarande för att behålla stadens attraktivitet och förmåga att hantera skyfall. Gatumarken mellan husen kan inte bebyggas, men kan rymma ny grönstruktur. Kan en ökad mängd grönstruktur i gaturummet upprätthålla stadens attraktivitet och avlasta VA-systemen vid framtida förtätning?

---

### **2.2.1 STADSBILISMEN OCH GATAN**

---

Tidigare stadsplanering, som grundat sig på en uppdelning av funktioner, har gett upphov till stora transportbehov inom tätorter. Detta behov har prioriterats vid platsanvändning och denna prioritering syns i de överdimensionerade trafikytorna vi har i städer idag. Trafikytorna projektera-

des efter förväntad framtida (10-20 år) trafikmängd, baserad på tidigare trafikökning. Trafikytorna byggdes sedan för att hantera denna mängd med god marginal, till den grad att högsta prognostiserad belastning endast nyttjar 80 procent av kapaciteten. Ett överdimensionerat gatusystem ger i sin tur upphov till mer trafik än vad som egentligen finns behov av, ett fenomen som kallas *inducerad trafik*. När sedan framtida projektering baseras på denna inducerade trafikmängd överskattas behovet ytterligare, och så fortsätter upptrappningen. (Linderholm & Indebetou, 2009)

I SKL's rapport *Parkering för hållbar stadsutveckling* skriver Berg (2013) att en minskning av biltrafiken i städer till förmån för cykel- & kollektivtrafik kan motiveras med klimatmål, bättre luftkvalitet och attraktiva stadsmiljöer.

En attraktiv innerstad kan enligt Henriksson & Svensson (2014) liknas vid en allmän nyttighet, vilket definieras: "En renodlad allmän nyttighet eller tillgång kännetecknas av att många individer kan tillgodogöra sig den utan att minska den mängd som finns kvar till andra. Nyttigheten kan inte säljas på vanligt sätt via en marknad eftersom det inte finns någon möjlighet att utestänga individer som inte betalar. Hur mycket som ska produceras och förbrukas måste bestämmas på något annat sätt." (Henriksson & Svensson, 2014 s.9)

Henriksson & Svensson (2014) menar vidare att värdet på en allmän nyttighet kan förstöras av enskilda individers beteende. I fallet med den attraktiva innerstaden kan ökande biltrafik medföra buller, trängsel, avgaser och ökade olycksrisker, samt minska stadsmiljöns attraktivitet. Dessutom blir kollektivtrafiken dyrare och sämre, och handel och service försvinner från centrum, konsekvenser som främst

drabbar de som inte har tillgång till bil. (ibid)

För den enskilde individen är bil ett bekvämt, flexibelt och användbart transportmedel, men utbredd användning bidrar till att minska kvaliteter som åtnjuts av alla. Omvänt så ger individens val att köra mindre ingen märkbar förbättring av den egna situationen om alla andra fortsätter att köra i samma utsträckning. Den som inte nyttjar bilen går miste om dess bekvämligheter men blir fortfarande lidande av bilismens negativa inverkan på stadsmiljön. Dessa individer blir så kallat dubbla förlorare. (ibid)

Risken blir att det görs felinvesteringar i transportinfrastrukturen, då dagens trafiksituation i städer inte nödvändigtvis representerar den befolkningen önskar. Till exempel gjordes en undersökning bland invånare i Malmö där 80 procent ville se en minskning av biltrafik jämfört med dagens utformning. (ibid)

#### 2.2.1.1 PARKERINGSYTOR

I linje med den gångna trafikplanering som beskrivs ovan har städer erbjudit stora mängder billig gatuparkering i centrumlägen. Mycken och billig gatuparkering leder till långa parkeringstider och låg cirkulation, vilket ger ett ineffektivt nyttjande av ytorna i staden. Men på senare tid har det faktum att bilparkeringar upptar attraktiva ytor i stadskärnor börjat ifrågasättas allt mer. Den genomsnittlige bilisten nyttjar mellan två och fem parkeringsplatser varje dag, och varje parkeringsplats tar upp mellan 15 och 30 kvadratmeter. (Berg, 2013)

Miljövetaren Michael Kuocky menar att en bilist behöver 100 kvadratmeter plats i staden, 10 gånger mer än en cyklist eller kollektivtrafikresenär. Följden blir att för varje invånare som överger bilen och väljer ett annat transportsätt frigörs 90 kvadratmeter stad. (Kuocky, 2014 online)

Fler städer kommer även till insikten att trafikmängderna ökar om parkeringar byggs. Historiskt sett har städer försökt tillgodose alla parkeringsbehov till låg eller ingen kostnad och biltrafiken har därmed byggts in i stadsmiljön, av vilket följden blir trängsel, trafik och miljöbelastning. (Berg, 2013)

**“Inställningen att i så stor utsträckning som möjligt tillmötesgå efterfrågan på parkeringsplatser till inga eller låga avgifter kan utgöra ett hinder för städernas utveckling, ekonomiska tillväxt och förmåga att attrahera både boende, besökare och verksamheter.”**

(Berg, 2013 s.12)

Att minska tillgången på parkering har stor potential att minska bilanvändning och trafikvolym i städer, till förmån för cykel- och kollektivtrafik. Enligt SKL (Berg, 2013) kan uppsamlade parkeringar anläggas utanför centrum, på ett lämpligt avstånd för gång- cykel- och kollektivtrafik, för att effektivt minska biltrafiken i stadsrummet. Därmed ökar trafiksäkerheten, luftmiljön blir bättre och en mer hållbar stadsutveckling. (Berg, 2013)

För att påverka efterfrågan på parkering i staden krävs en tvådelad strategi, som behandlar framtida och befintligt utbud (Berg, 2013).

Framtida efterfrågan måste förändras genom ändrade resvanor och parkeringsutbud, styrt av regler vid nyexploatering. Till exempel kan en miniminorm för parkeringar bytas mot en maximinorm, eller kan avsteg från miniminormen tillåtas i centrala lägen med god kollektivtrafik (sk flexibla bilparkeringsnormer). Detta eftersom boende antas efterfråga god rörlighet, inte nödvändigtvis just parkeringsplatser. (ibid)

Befintligt utbud av gatuparkering bör få en prissättning som speglar dess fulla

kostnad. Den som använder en parkering betalar oftast inte det fulla priset, det ingår istället som en del av hyror, butikers varupriser, lägenhetspriser o.dyl. som betalas lika av alla, oavsett bilanvändande. För att leda parkering från gatumark till kvartermark (parkeringsanläggningar) bör de prissättas lika högt. Billig gatuparkering kan generera mer trafik när bilister kör runt och letar efter en billigare plats, även kallat *söktrafik*, vilket påverkar stadsmiljön negativt. Nyttjas istället parkeringsanläggningar kan digitala skyltar (parkeringsledningssystem) leda bilister till lämplig plats och minska trafiken. Vid att förlägga parkering för både boende, arbetsplatser och handel i samma anläggning möjliggörs därmed ett effektivt samnyttjande av platserna vilket minskar markbehovet. (ibid)

Sammanfattningsvis verkar det finnas god potential att på lång sikt minska de ytor som biltrafik och parkeringar upptar i städernas gatumark och därmed frigöra mark till biofilter.

#### 2.2.1.2 TRAFIKSÄKERHET

**“En viktig förutsättning för god trafiksäkerhet i det lokala gatunätet är att bilarna färdas med så låg hastighet att de hinner stanna inför oväntade konflikter.”**

(Malmö stad, 2006 s.32)

En fotgängare som blir påkörd av en bil som kör i 30 km/h löper 10 procents risk att dö. Vid 50 km/h är risken 80 procent. För att främja ett säkert beteende hos trafikanter är det viktigt att gatornas utformning motsvarar den rådande hastighetsbegränsningen så att den ej överskrids. (Malmö stad, 2006)

Detta uppnås effektivast om gatus-träckorna, så kallade *länkar*, hålls korta. På lokalator med 30-gräns innebär en länk-

längd under 50 meter att nästan inga bilister överskrider den tillåtna hastigheten. Om länklängden är större ökar sannolikheten att bilister överstiger hastigheten, vilket därmed ökar olycksrisken. På lokalgator med 50-gräns är samma mått 150 meter. Gatusträckor som är längre kan delas upp med fysiska åtgärder, t.ex. fARTHINDER, för att skapa kortare länkar. Träd kan också användas som fArtdämpande åtgärd då de får gatan att förefalla smalare. (ibid)

Minskad genomfartstrafik kan öka trafik-säkerheten på kvartersstadens lokalgator, och uppnås vid att återvändsgator skapas, eller att gator helt stänga av för biltrafik. (ibid)

I huvudgatunätet innebär korsningar, och utfarter från t.ex. tomter eller parke-ringsplatser, en olycksrisk. Rekommendat-ionerna beror på trafikmängden, men generellt bör anslutningar inte ligga tätare än 100 meter. (ibid)

I kvartersstadsområden med breda gator kan bilarnas hastighet innebära ett trafik-säkerhetsproblem. Lugnare boendemiljöer med bättre säkerhet för gående kan upp-nås med hastighetsdämpande åtgärder (ibid). Nedan listas exempel på hastighets-dämpande åtgärder:

**Portar** - En port uppmärksammar trafikant-en på att denne kör in i ett nytt område och bör utformas med fysiska och/eller visuella åtgärder som tydligt signalerar vilken tillåten hastighet som råder däref-ter. Porten kan utformas så att trafik kommer till området ges fArthinder, men trafik som lämnar området ges oförändrad körbana. (VGU, 2004)

**Gupp** - Det finns flera olika sorter av gupp som har olika funktion. Guppen kan ufor-mas konkavt eller konvext (nedsänkt eller upphöjt) och kan kombineras med avsmal-

ning av gatan. Konkava gupp kan dock vara problematiska att underhålla. Gupp kan ges en utformning som tillåter större for-don med bredare hjulaxlar (t.ex. bussar) att passera oberört eller med minskad påverkan. Platågupp, en upphöjd korsning med ramper, är lämplig vid gång- och cykelpassager och ger god trafiksäkerhet. (VGU, 2004)

Malmö stad tar upp höjning av hela korsningar mellan två lokalgator som en hastighetssänkande trafiksäkerhetsåtgärd (Malmö stad, 2006).

**Sidoförskjutning** - Kan utformas med eller utan avsmalning av gatan. Planteras träd eller buskage i sidohindren förstärks det visuella intrycket av fArthindret. Sidoför-skjutningar påverkar stadsbilden genom att de bryter gaturummets linjer. Val av mått (radier och bredder) kan innebära att personbilar får mindre påverkan än större fordon, men detta kan vägas upp om den yttersta körbanan beläggs med avvikande material. Kanterna på sidoförskjutningen kan vara svåra att se vid rikligt snöfall och bör markeras med mer än kantsten, vilket även gäller avsmalningsåtgärder. (VGU, 2004)

**Avsmalning av körbanelbredden** - En avsmalning kan göras med förskjutning på ena eller båda sidorna av körbanan och kan användas för att skapa kortare länkar i gatunätet (se föregående avsnitt). Enligt VGU bör den kombineras med gupp eller andra åtgärder för att vara effektiv, då smalare körbana bara sänker hastigheten vid möte med annan trafik (VGU, 2004). Åtgärden kan i vissa fall resultera i högre hastigheter om föraren vill hinna förbi avsmalningen innan hen får möte (ibid).

Korsningar kan förses med klackar för att sänka bilars hastighet. Klackar anläggs med fördel i korsningar och vid övergångs-ställen på gator med kantstensparkering, då dessa gator upplevs breda vid de till-



fällen som parkeringarna inte nyttjas. Även breda refuger fyller denna funktion. Potentiellt kan även hela körbanebredden minskas för att sänka hastigheten, ned till 3,25+3 meter vid två körfält. (Malmö stad, 2006)

Fartdämpningsåtgärderna i VGU tar inte upp dagvattenhantering. Siodförskjutningsområden föreslås i texten utformas med hårdgjorda material och vatten föreslås kringledas i en ränna. Kan de ytor som de hastighetsdämpande åtgärderna upptar istället nyttjas för biofilter?

#### 2.2.1.2.1 TRAFIKSÄKERHET OCH TRÄD

Pålstam (2003) skriver i boken *”Träd i stadsmiljö”* om trädens inverkan på trafiksäkerheten. Det finns fler aspekter av trädplanteringar i stadsmiljö som påverkar trafiksäkerheten, både positivt och negativt. (ibid)

Att kollidera med ett träd är farligare än att köra in i en bergvägg vid samma fart och vid hastigheter över 50 km/h finns risk för dödsfall eller allvarliga skador. Emellertid är olycksrisken låg vid hastigheter som råder i städers trafikmiljöer och olyckor är ofta en konsekvens av fortkörning. Därtill kan påkörningsrisken minskas med räcken, kantstenar och trädskydd. (ibid)

Variationen i gatumiljön som träd bidrar med kan göra trafikanter uppmärksammare, vackra gatumiljöer har visat sig sänka hastigheten och alléer sänker hastigheten eftersom de ger en ökad fartkänsla. Sämre sikt för trafikanten till följd av lummiga planteringar har en hastighets-sänkande effekt på raksträckor. (ibid)

Men i korsningar innebär den försämrade sikten en säkerhetsrisk om inte hastigheten kan sänkas ytterligare genom andra åtgärder. Andra aspekter att ta hänsyn till är t.ex. konflikt mellan belysning och trädskronor och halkrisk till följd av beskuggad is eller nedfallna löv. (ibid)

De påkörningsrisker som träd innebär överstiger den vunna säkerheten som deras hastighetsminskning innebär (Pålstam, 2003).

Sammantaget är det därmed viktigt att en ökad mängd träd tillförs gatan i samspel med lägre hastigheter. Om biofilter anläggs efter hastighetsdämpande åtgärder listade ovan, och träden planteras däri, kan träd kanske bidra till trafiksäkerheten utan att utgöra någon risk.

#### 2.2.1.2.2 TRAFIKSÄKERHET OCH MILJÖN

Lägre hastigheter (en sänkning från 30 km/h till 50 km/h) ger positiva miljöeffekter i tätort, d.v.s minskade avgasutsläpp och lägre bullernivåer. Åtgärder som gupp, upphöjningar och avsmalningar kan verka hastighetsdämpande och därmed förbättra tätortsmiljön. Men om dessa åtgärder ger upphov till ett ryckigt körsätt med kraftiga accelerationer och inbromsningar ökar istället utsläpp och buller. Om lägre hastighet kan uppnås endast med skyltning ger detta en jämnare körning och bättre miljöeffekt gällande buller och avgaser. (Hedström, 1999)

Miljöeffekten blir troligtvis bäst om hastigheten sänks och hålls jämn över ett större sammanhängande område, då vägnät med blandad 50- och 30-gräns ger större hastighetsvariation. (Hedström, 1999)

Att utforma biofilter som hastighetsdämpande åtgärder, ser ut att kunna gynna både stadsmiljön och trafiksäkerheten.

### 2.3 BLÅ-GRÖNA GATOR

Stadens gröna infrastruktur, till exempel parker och trädgårdar, och stadens blå infrastruktur, till exempel vattendrag och våtmarker, utgör tillsammans ett hållbart verktyg för att klimatsäkra våra urbana

miljöer. Grön och blå infrastruktur bidrar med naturliga lösningar där naturliga processer minskar de negativa effekterna av klimatförändringar. (Andersson et al, 2015)

Men de blå-gröna elementen i staden har fler effekter än de rent tekniska som rör klimatanpassning. I denna del av uppsatsen behandlas grönskan i staden ur fler perspektiv, som rör människan och stads-livet.

---

### 2.3.1 GATURUMMET

---

**“Gatan är stadens vardagsrum, det är här vi vistas kortare och längre stunder. Vardagslivet pågår här på väg till jobb, skola och dagis, en tur med hunden, ett besök i korvkiosken eller en stund med kompisarna och en träff med sina vänner. Allt tar plats på stadens gator. Gatorna är navet i staden och i våra vardagsliv utan att vi tänker på det.”**

(Malmö stad, 2006 s.5)

Gaturummet ska rymma många ting och funktioner som gång- och cykelbana, brandvägar, parkering för bilar och cyklar, kollektivtrafikshållplatser, planteringar och möblering, samt ytor för dagvattenhantering. (Malmö stad, 2006)

Gaturummet i en stad varierar i storlek och karaktär, vilket återspeglar de tidsåldrar då de byggdes. Allt från trånga medeltida gränder till breda avenyer ger en variation i stadsbilden. Trängre gaturum inger en mer stadsmässig känsla. Bredare gaturum kan delas in med trädplanteringar för att skapa en trivsammare rumslighet. (ibid)

---

### 2.3.2 HÄLSA

---

Grahn & Stigdotter (2010) skriver att människor i Sverige lever, ur ett historiskt perspektiv, allt längre ifrån naturen och

spenderar huvudsakligen sina liv inomhus i städer. Stadsplanering har tidigare lett till framsteg inom levnadsstandard som gynnat folkhälsan, men nu går trenden mot stillasittande och stressade liv vilket utgör ett nytt folkhälsoproblem. (Grahn & Stigdotter, 2010)

En frisk befolkning är viktig för hållbar utveckling och det finns gott om forskning och bevis för grönskan och naturens goda inverkan på vår fysiska och psykiska hälsa. Jansson et al (2013) redogör i *“Hela staden - argument för grönbå stadsbyggnad”* för många av de hälsovinster som grönskan i staden ger invånarna. Den visuella kontakten med naturen sänker blodtryck och underlättar stresshantering vilket gynnar mental återhämtning och psykisk hälsa. Den fysiska hälsan gynnas också av grönytor, bland annat till följd av att närhet till grönytor främjar fysisk aktivitet och motion. (Jansson et al, 2013)

Även Kardan et al (2015) ser en bred konsensus inom litteraturen kring hur träden gynnar mental hälsa, förbättrar luftkvaliteten och främjar fysisk aktivitet, vilket ger bättre hälsa. Men tidigare forskning kring grönområdets hälsopåverkan har baserats på större, sammanhängande grönskastrukturer, såsom parker och naturmarksområden. I en nyligen publicerad artikel i tidsskriften *Nature* ville Kardan et al (2015) därför studera hälsorelaterade effekter av enstaka träd i stadsmiljö. Resultatet påvisar ett samband mellan fler (och/eller större) fristående stadsträd i gatumiljön nära hemmet och bättre hälsa. Studien visade att fler träd nära hemmet i parker inte hade samma effekt, vilket tros bero på att folk rör sig mer i gatumiljön och att den direkta kontakten med träd är viktig. (Kardan et al, 2015)

Fysisk aktivitet gynnar äldres hälsa och promenadvänliga stråk nära hemmet tros öka chansen att de promenerar mer och därmed blir hälsosammare (Takano et al, 2002).



En tysk studie visade att en gatumiljö där vegetation (gräs och träd) skiljde trottoar och väg åt, upplevdes som säkrare och mer promenadvänlig. Därigenom kan äldre uppmuntras att promenera mer i sin närmiljö, vilket leder till förbättrad hälsa. (Kahlert & Schlicht, 2015)

Bland äldre som bor i tätbefolkade storstadsområden, med ingen eller liten trädgård, har tillgången till promenadvänliga grönområden och trädkantade gator nära hemmet en tydlig koppling till ökad förväntad livslängd oberoende av ålder, kön, civilstånd, grundhälsa och socioekonomisk status (Takano et al, 2002). Träd och grönska längst gator gör att de av äldre uppfattas som mer attraktiva promenadstråk, vilket är det vanligaste formen av hälsofrämjande fysisk aktivitet hos gruppen (Borst et al, 2008). Andra faktorer som visar liknande positiv inverkan är t.ex. frånvaron av trafikbuller och god kontakt med grannar (Takano et al, 2002).

---

### 2.3.3 EKONOMI

---

De hälsofrämjande aspekterna av en ökad grönska i staden som beskrivs i avsnittet ovan gynnar på sikt folkhälsan och ger en friskare befolkning. Detta i sin tur gynnar samhällsekonomin och kan bespara stora belopp i sjukvården. Den förbättrade koncentrationsförmågan och mentala återhämtningen som naturlika miljöer ger avspeglas i mental prestationsförmåga, och därmed ekonomin. Gröna närmiljöer, även det utanför fönstret, gynnar barns kognitiva utveckling och koncentrationsförmåga. Detta kan gynna skolresultatet vilket i sig kan ge stora samhällsvinster i framtiden. Kontorsanställda med utsikt över gröna miljöer trivs bättre med sitt arbete vilket gynnar arbetsgivaren och skapar attraktiva lägen för arbetsplatser. (Jansson et al, 2013)

Ett trångmål med de ekonomiska aspekterna av grön-blå infrastrukturens

ningar är att de indirekta besparingar och vinster som privatpersoner, företag och samhället ges kan vara svåra att redovisa som vinster (ibid).

Mer direkta ekonomiska vinster kan vara att en stad eller kommun kan använda sig utav sina blå-gröna strukturer för att marknadsföra sitt varumärke utåt och på så sätt locka turister, företag och arbetskraft. Flera svenska och internationella studier visar att närhet till grönområden och vatten ökar attraktivitetsvärdet för fastigheter, vilket ger högre fastighetsvärden och därmed högre skatteinkomster. Ökningen varierar i de olika studierna, men prishöjningar mellan 6 och 20 procent nämns. Därtill tycks ökningen vara tydligare ju mindre tillgänglig grönstruktur som finns, och tydligare för närheten till större, permanenta grönytor än mindre, exploateringshotade grönytor. (Jansson et al, 2013)

---

### 2.3.4 SOCIALA ASPEKTER

---

Grönskan påverkar hur de som lever sitt liv i staden trivs, känslan av samvaro och individuell utveckling (Jansson et al, 2013). Utformningen av de allmänna ytorna i städer, däribland gator och torg, har avgörande betydelse för medborgarnas livskvalitet, trygghet och rekreationsmöjligheter (Boverket, 2004).

Stadsmedborgare som saknar tillgång till egen trädgård vänder sig istället till stadens gröna rum. Här är de bostadsnära utemiljöerna, som vardagligen bevistas, särskilt betydelsefulla för vårt välmående och användningen av dessa bör uppmuntras. Inte minst barn och äldre spenderar mycket tid i dessa miljöer. För barn och ungdomar påverkar vardagsmiljöns utformning i vilken utsträckning de kan röra sig och ha ett socialt liv oberoende av sina föräldrar. Många människor i staden lever ensamma utan närhet till familj eller andra

sociala kontakter. Arbetslöshet kan betyda att dessa människor har begränsad daglig kontakt och integrering med andra, något som är viktigt för att skapa förståelse mellan individer och en hållbar social utveckling i städer. Kvalitativa offentliga rum i staden attraherar och uppmuntrar en bredd av människor att vistas ute, vilket ger spontana möten i vardagen. "Det ger samtidigt förutsättningar för en ökad förståelse mellan olika människor." (Boverket, 2004 s.137)

Jansson et al (2013) beskriver liknande fördelar. De mötesplatser som skapas i och vid gröna ytor blir mötesplatser som är fritt tillgängliga för alla sociala grupper i samhället. Här kan människor med blandad ålder, socioekonomisk och etnisk bakgrund interagera, vilket på sikt bidrar till att överbrygga klyftor och skapa ett socialt hållbar samhälle. (ibid)

Gröna inslag i stadsbilden gör att staden uppfattas som attraktiv, vilket lockar människor att bosätta sig och stanna kvar i staden. En attraktiv grön stadsmiljö kan påverka människor att hellre vistas i sin närmiljö än att resa med bil till mål utanför staden. Det kan även betyda att folk cyklar mer inom staden och blandade gatumiljöer med gröna inslag uppfattas som attraktivt att röra sig utmed. (Jansson et al, 2013)

Funktionsuppdelade stadsrum skapar områden som upplevs öde och otrygga vissa delar av dygnet. Otryggheten kan få många, ofta kvinnor och äldre, att avstå att nyttja dessa platser när det blivit mörkt. (Boverket, 2004)

En sak som kan ge ökad trygghet i stadsmiljön är den s.k. *informella sociala kontrollen*, som sker när vi känner oss sedda av andra, t.ex. grannarna i bostadsområdet (ibid). Om gatan stundvis upplevs tryggare än parker på grund av denna informella sociala kontroll, skulle då en grönare gata erbjuda en mer blandad funktion och kunna nyttjas till fler ändamål som en både trygg och attraktiv plats?

### 3 URBAN DAGVATTENHANTERING

---

**"Utbyggnad av nya bebyggelseområden och förtätning av befintliga områden gör att mängden hårdgjorda ytor ständigt ökar. Som följd härav minskar den naturliga infiltrationen, vilket leder till att mer nederbördsvatten rinner av från området."**

(Stahre, 2004 s.9)

Nederbörd som faller på oexploaterad naturmark infiltreras och rinner av långsamt, men på hårdgjord mark rinner nederbörden istället snabbt av ytan ned i ledningssystemet. Detta ger i dessa fall flödestoppar som tillfälligt kan överbelasta avloppssystemet vid kraftiga regn. Vid urban förtätning riskerar de befintliga ledningssystemens kapacitet att överskridas. Detta kan orsaka problem i områden med kombinerade avloppsledningar. (Stahre, 2004)

Kombinerade avloppssystem, d.v.s. där dag- och spillvatten blandas i samma ledning, var norm fram till 1950-talet och finns idag främst i städers centrumkärnor. Majoriteten (ca 87 procent) av de svenska avloppssystemen är så kallade duplikata system, d.v.s. system med separata ledningar för dag- och spillvatten. De kombinerade systemen kan leda till att spillvatten blandat med dagvatten kommer upp ur golvbrunnar och svämmas över källare vid skyfall, till skillnad från de duplikata systemen. Men vid extrema regn som överskrider dimensioneringen kan utomhusmiljöer svämmas över oavsett system. (Andersson et al, 2015)

Traditionellt har ovan nämnda problem lösts genom att öka ledningssystemens kapacitet med fler och större ledningar, underjordiska magasin, eller andra förnyande åtgärder. Detta är emellertid ofta kostsamt och tar lång tid. Ett alternativt

sätt att lösa problemet, som har blivit vanligare de senaste tjugo åren, är att minska tillförseln av dagvatten till ledningarna genom lokalt omhändertagande och fördröjning i öppna system. Olika tekniker för detta ryms inom begreppet *Öppna dagvattenlösningar*. (Stahre, 2004)

Konventionella tekniska ingenjörslösningar för att hantera dagvatten har huvudsakligen fokuserat på kapacitet och ekonomi, och planeringen av dessa sköts vanligtvis helt av kommunernas VA-förvaltningar. De öppna dagvattenlösningarna har under de senaste decennierna börja användas oftare som ett sätt att hantera dagvatten på ett långsiktigt hållbart sätt eftersom att de även bidrar till förbättrad stadsmiljö och bättre vattenkvalitet. Planeringen av de öppna dagvattenlösningarna involverar flera andra kommunala förvaltnings kompetens och kräver samarbete mellan olika professioner. (Stahre, 2004)

Att anlägga väl gestaltade öppna dagvattenlösningar i staden kan, till skillnad från konventionell dagvattenhantering, bidra med en mängd positiva mervärden, d.v.s. tekniska, estetiska, biologiska, ekologiska, miljömässiga, pedagogiska, PR-mässiga, historiska, kulturella, rekreativa och ekonomiska. (ibid)

### **3.1 KATEGORISERING AV ÖPPNA DAGVATTENLÖSNINGAR**

*De indelningar och definitioner av dagvattenlösningar som redovisas här bygger på boken "En långsiktigt hållbar dagvattenhantering" av Peter Stahre (2004). Denna källa har valts eftersom att den ofta citeras i den svenska litteraturen inom ämnet dagvattenhantering och förefaller vara en vedertagen förebild. Andra, nyare, källor har använts som komplement.*

De lösningar som ryms inom begreppet öppna dagvattenlösningar omhändertar

nederbörden på ett sätt som liknar naturen, t.ex. genom perkolation, infiltration, trög avledning i öppna system samt fördröjning i dammar och våtmarker. Lösningar för öppen dagvattenhantering kan delas in i fyra kategorier, beroende på hur nära platsen är källan eller recipienten i avrinningssystemet, se fig. 1. "Källan" syftar till den plats där nederbörden faller och avrinningskedjan börjar. (Stahre, 2004)

Det bästa sättet att minska belastningen på ledningssystemet är att utnyttja en sammanhängande kedja där alla fyra kategorier utnyttjas. Att låta nederbördsvattnet återgå till det naturliga kretsloppet bör ses som en grundläggande princip och ska eftersträvas så tidigt som möjligt i kedjan eftersom att det minskar belastningen på efterföljande delar. (Stahre, 2004)

---

#### **3.1.1 LOKALT OMHÄNDERTAGANDE PÅ PRIVAT MARK**

---

Lokalt omhändertagande av dagvatten, eller "LOD", är ett begrepp som innefattar åtgärder som minskar eller fördröjer dagvatten i de övre (tidiga) delarna av avrinningskedjan. Begreppet LOD är känt sen länge, men Peter Stahre har i sin bok koncentrerat definitionen till åtgärder som sker på privat mark innan vattnet når det allmänna VA-systemet. Exempel på lösningar i denna kategori är: *gröna tak, infiltration på gräsytor eller stenfyllningar, genomsläppliga beläggningar, dammar, uppsamling och återanvändning av dagvatten*. (ibid)

---

##### **3.1.1.1 GRÖNA TAK**

---

Gröna tak med moss- och sedumvegetation fördröjer och minskar avrinning. De vanligast förekommande gröna taken magasinerar i medeltal 50 procent av årsavrinningen, men detta innefattar många

mindre regntillfällen. Endast de första 5 millimetrarna nederbörd magasineras, resten rinner av. Som jämförelse kan nämnas att ett vanligt hårdgjort tak magasinerar ca 20 procent av årsavrinningen. (Svenskt Vatten, 2011)

#### 3.1.1.2 INTERCEPTION

Vid regn fångas delar av vattnet upp i träds gren- och bladverk, ett fenomen som kallas för *interception*. I en tät barrskog når så mycket som 60 procent av årsnederbörden aldrig marken. Lövträd fångar upp mindre vatten och variationen mellan olika arter är stor, upp till 50 procent. Enskilda träd ger också en signifikant interception. (Sjöman & Slagstedt, 2015)

Förekomst av träd ger alltså en fördröjning av avrinningen på liknande sätt som gröna tak. En trädkrona kan breda ut sig över en stor yta, men marken under trädet går fortfarande att nyttja till andra ändamål.

#### 3.1.2 FÖRDRÖJNING NÄRA KÄLLAN PÅ ALLMÄN PLATSMARK

Denna kategori av lösningar avser också lösningar i de övre delarna av avrinningskedjan och liknar de i den tidigare katego-

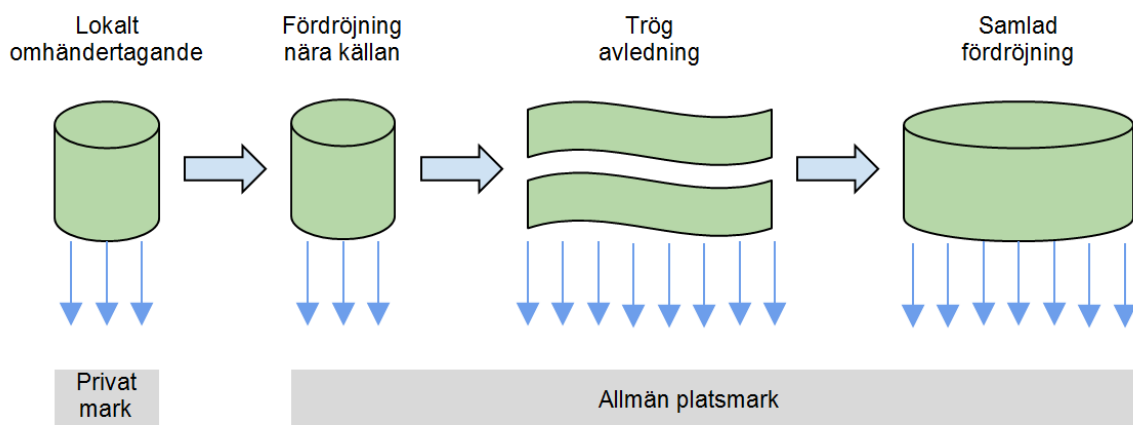
rin. Skillnaden är att denna kategori avser lösningar på allmän platsmark som faller under kommunens ansvar och ingår i det allmänna VA-systemet. Exempel på lösningar i denna kategori: *genomsläppliga beläggningar, infiltration på gräsytor eller stenfyllning, tillfällig uppdämning av dagvatten på speciellt anlagda översvämningssytor, dammar, våtmarker*. (Stahre, 2004)

#### 3.1.3 TRÖG AVLEDNING

Trög avledning avser vidaretransport av dagvatten, på allmän platsmark, från de tidiga till de senare delarna i avrinningskedjan (från källan till recipienten). Dessa fyller därmed i grunden samma funktion som konventionella underjordiska dagvattenledningar, men sker långsamt i öppna system integrerade i den bebyggda miljön. Exempel på lösningar i denna kategori: *svackdiken, bäckar & diken, dagvattenkanaler*. (Stahre, 2004)

#### 3.1.4 SAMLAD FÖRDRÖJNING

Samlad fördröjning avser anläggningar på allmän platsmark som ligger sent i avrinningskedjan. Dessa lösningar är ofta platskrävande och anläggs vanligtvis i parker



Figur 1 - Illustration över kedjan av dagvattenlösningar, från källa till recipient. Fritt efter Peter Stahres förebild (Stahre, 2004 s.19).

eller naturmark. Exempel på lösningar: *dammar, våtmarksområden, översvämningsytor*. (Stahre, 2004)

Dessa lösningar är en viktig del i helheten för en hållbar dagvattenhantering, men kommer p.g.a. sitt platsanspråk inte behandlas närmre då det troligen är svårt att hitta så stora ytor i gatumark.

### 3.2 FÖRDJUPNING I ÖPPNA DAGVATTENLÖSNINGAR

Lindfors et al (2014) har summerat vilka typer av dagvattenlösningar som finns i Sverige och internationellt i rapporten "Inventering av dagvattenlösningar för urbana miljöer". Dagvattenlösningarna används för att rena och/eller flödesutjämna urbant dagvatten. I rapporten delas de in i sex huvudkategorier; Biofilter, Genomsläpplig mark, Avloppsvattenrening, Filter, Magasinering under mark och Avledning. (Lindfors et al, 2014)

Endast i en kategori, biofilter, har vegetation en avgörande funktion. Därför har biofilter valts som intressant i denna uppsats.

#### 3.2.1 BIOFILTER

*Biofilter* är "ett samlingsnamn för dagvattenanläggningar där växtlighet används för att rena dagvatten" (Lindfors et al, 2014 s.4). Biofilter renar dagvatten genom fysikaliska, mekaniska, kemiska och biologiska processer på ett sätt som imiterar naturen och dess hydrologi. Begreppet *Biofilter* inrymmer enligt rapporten många typer av lösningar; *Kantstenslösningar, Regnbäddar, Svackdike med makadammagasin, Resorptionsdike, Biofilterdike, Gröna svackliknande ytor, Skelettjord* (inklusive kassettkonstruktioner), *Bevattningsystem, Torradammar, Översilningsytor, Våtmark* (inklusive dammar) och *Gröna tak*. De bedöms ha samma funktioner, se tabell 1.

I fördjupningsdelen av rapporten har Lindfors et al (2014) valt att mer ingående beskriva biofilter som tillhör kategorierna *kantstenslösning, regnbädd* och *nedsänkt växtbädd för gatuträd*. Dessa benämns fortsatt *biofilter* men syftar endast på tre av de tolv lösningar som begreppet innefattar.

Här blir det något snårigt att skilja på

Funktion	Beskrivning
Rening	Dagvattnet renas av växterna och av att filtermaterialet binder partiklar (adsorption).
Fördröjning	Filtermaterialet (växtjorden) håller vattnet i porerna och växternas bromsar mekaniskt vattnets rörelse.
Absorbering	Växterna tar upp och binder delar av dagvattnet.
Avdunstning	Vatten avdunstar genom växternas blad.
Erosionsskydd	Växternas rötter stabiliserar marken.
Biodiversitet	Växterna utgör habitat för djurarter.

Tabell 1 – Biofilters funktioner, fritt efter Lindfors et al (2014, s.8)



begreppen. I fördjupningsdelen sägs regnbädd, svackdike och andra namn bara vara olika benämningar på **biofilter**, som antyder vilken utformning de har eller vilken miljö vi finner dem. Konstruktionsmässigt och funktionsmässigt är de dock i princip lika, enligt definitionen "en vegetationsbeklädd markbädd med fördröjnings- och översvämningsszon för infiltrering och behandling av dagvatten" (Lindfors et al, 2014 s.33).

Användningen av begreppet *Biofilter* i denna uppsats syftar på fördjupningsdelens snävare definition, inte på det vidare samlingsbegreppet (som t.ex. innefattar gröna tak och skelettjord).

Det kan också vara bra att känna till att den snävare fördjupningsdefinitionen av *Biofilter* ibland även populärt kallas för *Regnbädd* (eng. *Rain garden*), även om begreppet *Regnbädd* i sig ses som en av lösningarna som innefattas i samlingsbegreppet *Biofilter*. (ibid)

Sammanfattningsvis syftar de båda begreppen *Biofilter* och *Regnbädd* härmed på "en vegetationsbeklädd markbädd med fördröjnings- och översvämningsszon för infiltrering och behandling av dagvatten" (Lindfors et al, 2014 s.33).

#### 3.2.1.1 UTFORMNING AV BIOFILTER

Ett biofilter kan utformas på många olika sätt beroende på vilka förutsättningar som finns på platsen, vilken effekt som eftersträvas och personlig preferens. Till exempel, tillgänglig yta, växtval, kringliggande ledningar och omgivande jordlayers genomsläpplighet påverkar utformningen. (Lindfors et al, 2014)

Biofilter kan utformas som upphöjda i en lådkonstruktion eller nedsänkt i marken (ibid). I detta arbete kommer den nedsänkta varianten behandlas, då denna typ återfanns i fallstudierna och bedöms vara lämpligare i gatumiljö.

Lindfors et al (2014) har i sin sammanställande rapport redogjort för fem grundkonstruktioner att utgå ifrån. De fem typerna skiljer sig åt i hur de avvattnas, och detta påverkar växtval. Gemensamt för alla typer är att de har inlopp, fördröjningszon, erosionsskydd, växtjord, avvattningssystem och ett bräddavlopp som garanterar att överskottsvatten leds bort kontrollerat när konstruktionen är vattenmättad.

##### 3.2.1.1.1 BESTÅNDSDELAR

Här listas de viktigaste beståndsdelarna i biofilterkonstruktionen, och deras funktioner. Hämtat från Lindfors et al (2014).

**Inlopp** – ränna, ledning, öppning eller liknande som tillför dagvatten till konstruktionen. Storlek, antal och placering påverkar hur snabbt vatten tillförs. Inlopp kan förses med sedimentfälla som frånskiljer sand och skräp.

**Erosionsskydd** – makadam eller annan konstruktion bromsar flödet vid inloppet så att växtjorden inte spolats bort.

**Fördröjningszon** – den volym som ryms mellan växtbädden och utlopp eller bräddbrunn. Dagvatten lagras här och filtreras ned i konstruktionen, vilket kan ta upp till 48 timmar. Volymen vatten som ryms här är avgörande för biofiltrets förmåga att fördröja avrinning.

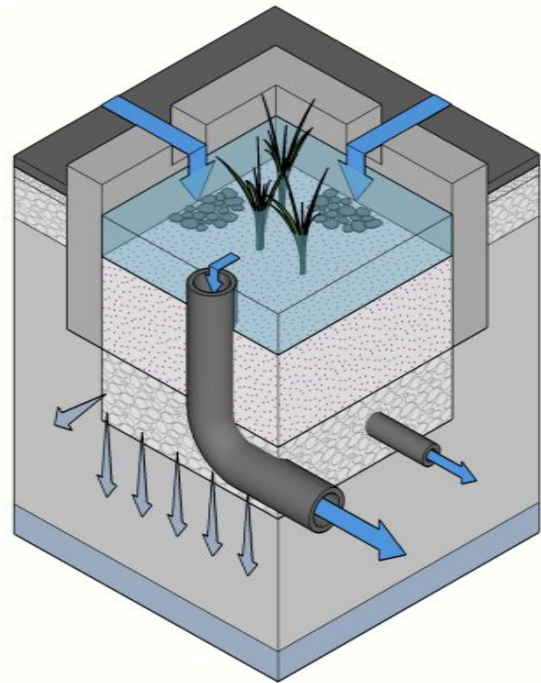
**Bräddbrunn** – upphöjt avlopp som säkerställer att konstruktionen inte överbelastas och svämmas över, utan leds vidare.

**Filtermaterial** – Växtbäddens jord. Avgörande för biofiltrets vattenhållande förmåga, fördröjning, reningsförmåga och infiltration. Avvägningar får göras kring önskad funktion. En lätt jord ger bättre fördröjning och en tung jord ger bättre rening. Valet påverkar även vegetationens förutsättningar.

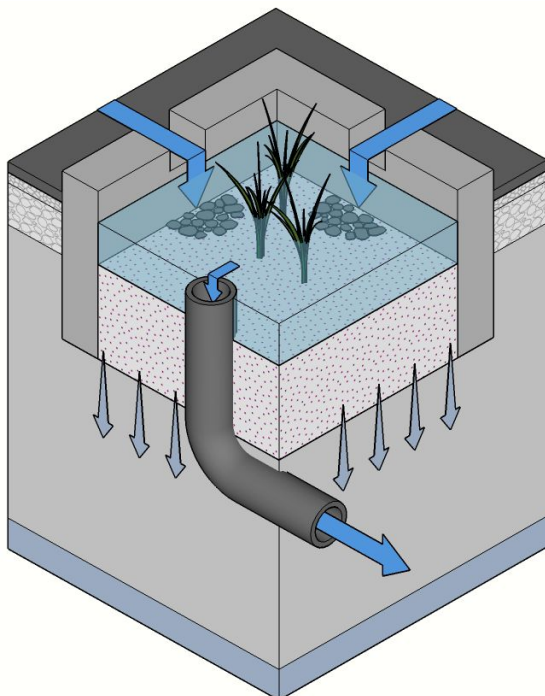
**Makadamlager** – Ett makadamlager placerat under växtbädden skapar ytterligare en fördröjningszon. Bör skiljas från filtermaterialet med geotextil eller sandlager. Vattnet lagrat här ges längre tid att perkolera om terrassen har låg genomsläpplighet.

**Avvattningssystem** – vanligen görs detta genom att vattnet infiltreras till grundvattnet. I de fall där terrassen inte är genomsläpplig nog läggs dräneringsledning. Om perkolation inte är möjlig (på grund av låg genomsläpplighet, höga föroreningshalter, skydd av byggnader o.dyl.) tätas botten och förses med dräneringsledningar.

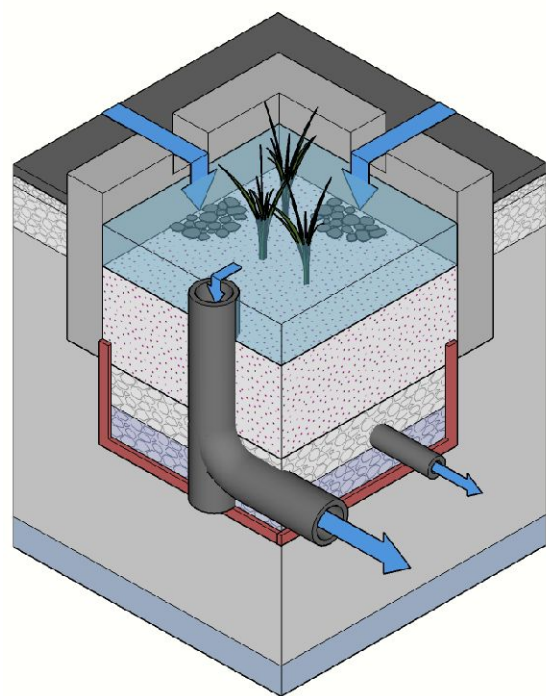
**Vattenmättad zon** – Uppstår i grundkonstruktion typ 5, där vattenlås anläggs och ett vattenförråd uppstår i botten. Den syrefattiga zonen gynnar biofiltrets förmåga att avskilja kväve från dagvattnet och utgör en vattenreserv för växterna.



Figur 3- Biofilter typ 3 – Konstrueras med ett makadamlager och dräneringsledning. (ibid)



Figur 2- Biofilter typ1 – Lämplig där terrassen är väl genomsläpplig så att konstruktionen kan avvattnas till grundvattenzonen. (ibid)



Figur 4 – Biofilter typ 5 – Med tät duk i botten. Anläggs om infiltration ej är möjlig eller lämplig på platsen. Skapar en vattenmättad zon i botten.

#### 3.2.1.1.2 DIMENSIONERING

Lindfors et al (2014) har sammanställt rekommenderade värden för dimensionering utifrån litteraturstudier. En utförlig tabell återfinns på sidan 51 i deras rapport. Några rekommenderade dimensioner som kort kan nämnas är:

Höjd från biofiltrets växtbädd till omgivande mark (fördjupningszon): 25 cm  
Växtbäddens djup (perenner): 45 cm  
Växtbäddens djup (buskar): 60 cm  
Växtbäddens djup (träd): 100 cm  
Djup på makadamlager: 35 cm

(ibid.)

#### 3.2.1.2 RENING AV FÖRORENINGAR

Dagvatten från stadsmiljö kan innehålla många typer av föroreningar. Olja, organiska miljögifter, tungmetaller och annat spolas från asfalten ner i ledningssystemet. Olyckor och brandsläckning kan ge stora utsläpp under kort tid. (Stockholm stad, 2005)

Studier både i regnbäddar och i laboratorium har visat att vanligt förekommande tungmetaller från trafik renas nästan helt vid infiltration genom ett biofilter (Davis et al, 2003). Hunt et al (2008) visade också med fleråriga mätningar av en regnbädd att i medel 99 procent av bakterier och föroreningarna från dagvattnet filtrerades bort vid nederbörd upp till 42 mm.

Både filtermaterialet och vegetationen har en avgörande roll för de renande processerna i ett biofilter. Filtermaterialet filtrerar mekaniskt de partikelbundna föroreningarna i dagvattnet som sedimenteras. Vegetationens rötter filtrerar också partiklar, därtill bromsar vegetationen vattnets hastighet och binder sedimenten. (Lindfors et al, 2014).

Risken finns för ackumulering av tungmetaller i jorden, men eftersom att halter-

na i dagvatten är låga tros det ta över 15 år innan det blir problematiskt (Davis et al, 2003). Forskning från University of Maryland visar att tungmetaller i regnbäddar ackumuleras i de övre jordlagren (Li & Davis, 2008). Annan forskning från samma universitet visar samma mönster för PAH, polycykliska aromatiska kolväten (DiBlasi et al, 2009). Att föroreningar samlas ytligt borde göra jorden lätt att rena, då endast en del behöver bytas ut.

Ovan nämnd forskning är gjord utomlands. Då biofilter är nytt i Sverige saknas det erfarenheter kring biofilters reningseffekt under svenska förhållanden (Lindfors et al, 2014).

Ur reningssynpunkt bör anläggningen dimensioneras så att dess area motsvarar 2 - 6 procent av den impermeabla avrinningssytan, vilket kan skrivas med följande formel (ibid):

$$A_{STF} = K * A_{imp}$$

$A_{STF}$  (Area för reningsanläggning i kvadratmeter)

$K$  (Andel av  $A_{imp}$ . Normalt är  $K=0,02 - 0,06$ )

$A_{imp}$  (Impermeabel avrinningsyta i kvadratmeter)

(Lindfors et al, 2014 s.52)

Ett hållbart alternativ för att jordförbättra biofilter är att använda biokol, en substans som framställs genom att värma upp organsikt material utan tillgång till syre (pyrolys). Biokol är mycket poröst och har väldigt stor yta i relation till volym, vilket ger det en hög katjonbyteskapacitet (CEC). CEC innebär att biokolet binder zink och andra giftiga metaller, men även växt-näringsämnen. Därtill blir jord med biokol mer vattenhållande. Det senare innebär att växterna i biofiltret gynnas, vilket ökar den renande effekten som dessa ger genom biologiska processer (se tabell 1 ovan). Ett



biofilter med biokol i filtermaterialet kan därmed vara effektivare ur reningssynpunkt och ha livskraftigare växtmaterial. (Wiström, 2014)

### 3.2.1.3 ESTETIK

---

Backhaus & Fryd (2013) utvärderade öppna dagvattenanläggningar i tjugo nordeuropeiska länder utifrån estetiska kvaliteter. Deras slutsats var att det är svårt att utforma infiltrationsytor där vatten är ett konstant inslag. Vid otillräcklig nederbörd, vilket är svårförutsett, kan dessa se skräpiga och dåligt skötta ut. Rekommendationen från författarna är därför att utforma en plats för att vara torrlagd, men som tål översvämning, eller använda mindre element som vattenfylles oftare om upplevelsen av vatten i landskapet vill framhävas (Backhaus & Fryd, 2013).

### 3.2.1.4 VEGETATION

---

Det saknas kännedom om lämpligt växtval för biofilter i svenska förhållanden eftersom tekniken är ovanlig i Sverige (Lindfors et al, 2014 s.9). Vad gäller träd är det enligt Sjöman & Slagstedt (2015 s.289) lämpligt med arter som är anpassade för torra markförhållanden eftersom perioderna mellan regn kan vara långa. Vid regn sker en snabb ökning i vattentillgång, och denna fluktuation tyder på att växter från naturmiljöer som svämmas över regelbundet, så som strandzonen vid vattendrag, är lämpliga för biofilter i urban miljö. (Lindfors et al, 2014 s.49)

Wellander (2015) har jämfört växtförhållandet i anlagda regnbäddar med ståndorter i olika naturligt förekommande markprofiler i Sverige. Vid att analysera vilka nordiska vegetationstyper som är kopplade till dessa markprofiler kunde Wellander på så vis lista arter från litteraturen som återfinns i vegetationstyperna och därmed borde vara väl anpassade för situationen. De identifierade arterna delades in efter stresshanteringsgenskaper

som matchar de vanligaste stressfaktorerna kopplade till regnbäddar (salt, torka & värme och översvämning). Morfologiska och fysiologiska egenskaper kopplade till arter med ovan nämnda stresshanteringsgenskaper visade att växter med små blad, smala blad, hårrighet och salttolerans teoretiskt sätt sannolikt är lämpade för regnbäddar i Sverige. (ibid)

### 3.2.1.5 PROBLEM & OKLARHETER

---

#### 3.2.1.5.1 VINTER

Kännedom kring hur biofilter klarar svenska vinterförhållanden är bristande, bland annat i avseende vägsaltets påverkan och lämpliga växtval (se nedan), men även gällande infiltration och rening. (Lindfors et al, 2014 s.42)

Vintertid finns risk för att biofiltret blir helt ogenomsläppligt. Detta kan ske om filtermaterialet är nära vattenmättat och sedan fryser. Vid att bruka ett grövre filtermaterial med större porer minskas denna risk, men det kan medföra en sämre rening av föroreningar. Detta eftersom att reningen försämras om vattnet rör sig snabbt igenom filtret, vilket blir fallet med grövre filtermaterial. I övrigt påverkar låga vintertemperaturer ej rening vad gäller metaller och partiklar, men fosfor och kväve renas sämre. (ibid)

#### 3.2.1.5.2 SALT

Salt från halkbekämpning når växtbäddar i urban miljö via antingen luftsalt, exempelvis vindburet saltstänkt, eller marksalt, från t.ex. smältvatten. Salt kan orsaka många typer av skador på vegetationen och påverka utveckling och estetiska kvaliteter. Barr, blad, knoppar och skott kan skadas, torka eller helt dö bort. Marksaltet kan bryta porstrukturen i aggregerade jordar vilket minskar mängden marksyre. Hög saltkoncentration i jorden kan också för-

sämra rötternas upptagning av vatten och näring vilket resulterar i tydliga torkska-  
dor. Lövträd är mindre känsliga än barr-  
träd då saltanvändningen huvudsakligen  
sker vintertid. (Sjöman & Slagstedt, 2015)

Det finns sätt att minska mängden salt  
som når växtbäddar i urban miljö. Exem-  
pelvis kan saltblandat grus användas istäl-  
let för rent salt, vilket sänker salthalten  
(Lindfors et al, 2014). Tillfälliga stänk-  
skydd kan monteras under saltningspe-  
rioden för att hålla undan vindburet salt.  
Mest avgörande för trädens välmående är  
emellertid att välja en naturligt salttole-  
rant art. (Sjöman & Slagstedt, 2015)

#### 3.2.1.5.3 PARTIKLAR

Partiklar, sediment och skräp som förs till  
biofiltret med dagvattnet kan täppa till  
porerna i filtermaterialets översta centi-  
meter och på sikt minska infiltrationska-  
paciteten. Tillförseln av partiklar kan  
motverkas genom att inlopp utformas med  
sedimentfälla, sandfång eller liknande.  
Efter 5-25 år kan de översta centimetrarna  
av växtsubstratet behöva bytas ut för att  
återställa funktionen. (Lindfors et al, 2014)

## 4 FALLSTUDIER

---

### 4.1 KÖPENHAMN

---

*Klimakvarter* är ett klimatanpassningspro-  
jekt i Østerbro, en stadsdel i nordöstra  
Köpenhamn, som ska skydda staden mot  
skyfall likt det som skedde sommaren  
2011. Istället för att öka kapaciteten på  
befintliga ledningar, en dyr lösning varvid  
alla gator måste grävas upp, ämnar sats-  
ningen omhänderta regnet med blå-gröna  
lösningar i stadsmiljön. Detta ska skydda  
mot framtida skyfall och värmeböljor, öka  
den biologiska mångfalden i stadsdelen och  
samtidigt skapa värdefulla grönytor i de  
boendes närmiljö där vattnet utgör en  
rekreativ och pedagogisk resurs. (Kli-  
makvarter, 2013)

***“Vår vision är att ge en ny syn på  
staden, där regnvattnet inte  
längre ses som ett problem som  
snabbast möjligt ska ledas ned i  
avloppet, utan som en resurs som  
kan skapa nya upplevelser i sta-  
den.”***

Fritt översatt från danska  
(Klimakvarter, 2013 s.7)

Staden räknar med 30 procent kraftigare  
nederbörd i framtiden till följd av klimat-  
förändringarna. Motsvarande mängd ska  
bortkopplas från ledningsnätet för att  
bibehålla den befintliga kapaciteten. En  
kombination av bl.a. jordmån, grundvat-  
tensföroreningsrisker och infrastruktur  
begränsar möjligheterna för infiltration i  
området. Strategin delar därför upp neder-  
börden som ska hanteras i tre överordnade  
metoder; *infiltration & avdunstning, maga-  
sinering och ytavledning*, vilka ska hantera  
lika delar av nederbörden. De tre överord-  
nade metoderna nyttjas i en kedja av lös-  
ningar, från källa till recipient. (Klimakvar-  
ter, 2013)

Denna indelning liknar den kedja av dagvattenlösningar som beskrivs av Stahre (2004).

På privat mark fördröjs och tillbakahålls vattnet med gröna tak, växtlighet och regnbäddar, varpå det leds ut på allmän gatumark där det fördröjs och magasineras i regnbäddar och dagvattenkanaler. (Klimakvarter, 2013)

Vid extrem nederbörd som överstiger vad de tidiga länkarna i kedjan kan hantera, leds dagvattnet via *skyfallsvägar* till hamnen. Skyfallsvägarna är vanliga hårdgjorda gator, cykelvägar och gångytor, men vars vägprofil ändras så att de kan leda stora mängder vatten. Hela vägytan kan sänkas 10-20 centimeter, eller kan bombningen ändras så att mittlinjen ligger lägre och trottoarer kan förlängas över korsningar för att leda vattnet rätt. (Klimakvarter, 2013)

I tillägg till de hårdgjorda avrinningsstråken kan en del av gatubredderna på breda gator tas i anspråk för att skapa sammanhängande gröna skyfallsvägar. Biofilter, gröna ytor och gatuträd skapar gröna stråk som leder vattnet vidare i kedjan. (Klimakvarter, 2013)

Skyfallsvägarna följer markens naturliga avrinningsvägar, men när terrängen blir för flack leder en tunnel vattnet den sista biten till havet. (Klimakvarter, 2013)

Inom projektområdet finns 270 000 kvadratmeter gatuyta. Men gatorna i området är onödigt breda och överdimensionerade för de rådande trafikmängderna. Det beräknas att gatorna kan göras runt 20 procent smalare med bibehållen trafikstandard, vilket frigör 50 000 kvadratmeter av gatuytan att nyttjas till grönområden för dagvattenhantering. (Klimakvarter, 2013)

Klimatanpassningen av området kräver att stadsrummet omprövas och skapar med-

värden för ett "*godt hverdagsliv*" i de boendes närmiljö. I arbetet med projektet har boendemedverkan varit en viktig faktor. Eftersom att de boende har bäst kunskap om vad som skapar värden i deras närmiljö och vilka rekreationsmöjligheter som önskas på de nyskapade grönområdena.

**"Ambitionen i Klimakvarter är att se klimatförändringarna som en anledning till att arbeta med att göra gator, stadsrum och gårdar attraktiva."** (Fritt översatt från danska. Klimakvarter, 2013 s.18)

---

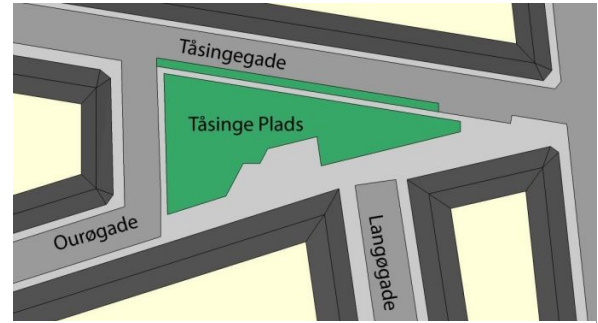
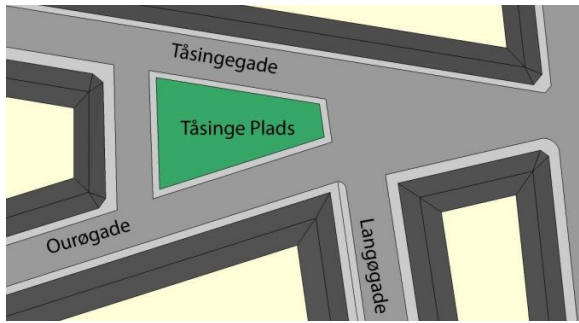
#### 4.1.1 TÅSINGE PLADS

---

Det första steget som i skrivande stund har realiserats i Klimakvarter är ombyggnaden av Tåsinge plads. Tåsinge plads var en mindre, föga nyttjad park belägen i den triangulära yta som uppstod vid korsningen Langøgade/Ourøgade/Tåsingegade. Parken var tidigare upphöjd och tog inte emot något nederbördsvatten från omgivningen. (Klimakvarter, 2013)

Bebyggelsen i området kan klassas som slutna kvartersstad. Vid att studera flyg- och gatubilder före och efter ombyggnad kan en se omfattningen av ombyggnationen. Bortåt hundra meter av Ourøgade byggdes om från gata med snedställda parkeringar till en torgliknande yta i anslutning till den befintliga grönytan på Tåsinge plads.

Ombyggnaden frigjorde härmed 1 000 kvadratmeter gatumark varpå grönytan utökades, delvis i form av en nedsänkt biofilteryta med träd och tät vegetation, döpt till regnskogen. Resten av grönytan sluttar lätt mot regnskogen, och leder långsamt dagvatten till den. Vid kraftiga skyfall svämmar regnskogen över ut mot Tåsingegade, där det i framtiden kommer att anläggas skyfallsvägar som leder överflödet mot havet. (Klimakvarter, 2013)



Figur 5 – två kartor som visar tåsinge plads före (t.v) och efter (t.h) ombyggnad.

Den sluttande terrängen, med sin sänka, ger upphov till olika växtzoner från torr till fuktig, vilket gynnar platsens artrikedom och biodiversitet. I den smala kantremsan mot Tåsingegade etableras salttolleranta växter. På Ourogade har ett mindre torg skapats, med en mjuk kant mot parken och öppnar platsen för lokalerna på bottenvåningen, vilket skapar goda förutsättningar för den lokala café- och kultur-

miljön. På torget finns pedagogiska lekskulpturer och vattenpumpar som kan användas för att pumpa upp magasinerat vatten, som rinner ned till regnskogens sänka och återskapar den naturliga vatten-cykeln. Paraplyliknande skulpturer skapar skydd från regnet och leder ned uppfångad nederbörd i jordmånen. (Klimakvarter, 2013)

#### 4.1.2 BILDER FRÅN KÖPENHAMN



Figur 6 - Bild tagen österut på Tåsingegade. Här syns en lång regnbädd som har anlagts på gatans högra sida, där det tidigare fanns parkeringsplatser. Regnbädden skiljer gångbanan från trafiken.





*Figur 7 - Bild tagen över Tåsinge plads. Det tidigare grönområdet (gräskullarna i bakgrunden) har utökats med djupa regnbäddar med träd och frodig vegetation, döpt till Regnskogen (Klimakvarter, 2013) Ourøgade har byggts om till en torgliknande gågata med pedagogiska lekskulpturer.*



*Figur 8 - Bild tagen västerut på Tåsingevej, i den tidigare korsningen till Langøgade och Ourøgade.*

---

#### 4.1.3 SAMMANFATTNING KÖPENHAMN

---

De metoder som användes i Köpenhamn:

- En del av en gata byggs om till torgliknande yta med biofilter.
- Genomfartsmöjligheter tas bort i änden på en gata, och på ytan som frigörs i korsningen anläggs biofilter.
- Befintliga grönytor anpassas för att bättre omhänderta dagvatten.
- Onödigt breda gator görs smalare, och på den överblivna ytan anläggs grönytor för dagvattenhantering, i detta fall svackdike (se nästa punkt). Biofilterytan skapar en tryggsamt distans mellan fordonstrafik och fotgängare.
- Svackdike med salttåliga växter som tar emot dagvatten från gatan, innan det leds vidare till regnbädd med andra växter. På så vis minskas saltproblemen.

---

#### 4.2 PORTLAND

---

Portland, en stad i den nordvästamerikanska delstaten Oregon, har under min utbildning ofta nämnts som en innovativ föregångare i dagvattenhanteringssammanhang. I början av mitt arbete med uppsatsen beviljades jag stipendier för att besöka staden och passade då på att studera några av dess biofilter i gatumiljö. Resan gjordes i September 2015.

***“Portland uses green streets, eco-roofs, trees, and other green infrastructure to manage stormwater, protect water quality and improve watershed health. Urban streams, forests, and wetlands manage stormwater naturally and are part of Portland’s green infrastructure.”***

(City of Portland, 2015b)

En rad federala miljölagar som rör vattenkvalitet och biodiversitet ålägger staden Portland att skydda vattendrag och grundvatten från föroreningar. Stadens miljöförvaltning leder arbetet för att minska dagvattenföroreningar och säkerställa att vattenkvalitetskraven möts. (City of Portland, 2015a)

För att spara på en kostsam ombyggnad av stadens föråldrade ledningssystem gjordes en satsning på grön infrastruktur för att minska dagvattenmängderna. Gröna tak, trädplanteringar, “gröna gator” och andra lösningar förbättrar kvaliteten på dagvattnet som når vattendragen och grundvattnet, samtidigt som tillskottet av grönska gynnar staden. (City of Portland, 2015b)

---

#### 4.2.1 GREEN STREETS

---

Dagvattenlösningar i gatumiljö, ämnade hantera dagvatten vid källan, kallas *Green street*, gröna gator (City of Portland, 2015c).

Staden ser *Green streets* som ett sätt att hantera dagvattnet från vägnätet, vilket utgör 66 procent av stadens totala dagvattenmängd. Portland definierar *Green streets* som “... en gata som hanterar dagvatten på plats genom bruk av växtklädda anläggningar” (fritt översatt från engelska. City of Portland, 2006). Detta liknar den definition av biofilter som Lindfors et al (2014) använder.

Utöver att minska belastningen på befintligt ledningsnät och säkerställa god vattenkvalitet, förbättrar *Green streets* grönstrukturen och bidrar med värden för boendemiljöernas kvalitet. Exempel på anläggningar som används för detta ändamål är svackdiken och regnbäddar. (City of Portland, 2006)



---

#### 4.2.2 BILDER FRÅN PORTLAND

---



*Figur 9 - I korsningen mellan Division street (huvudgata) och SE 24th avenue (lokalgata) har en regnbädd anlagts i lokalgatans parkeringsremsa. Ned till höger i bild ses ett släpp i kantstenen som utgör inloppet för dagvatten. Bräddbrunnen ligger i borte änden.*



*Figur 10 - Samma korsning som ovan, sett från Divison street (huvudgatan). Även här har en regnbädd anlagts i parkeringsremsan innan korsningen med lokalgatan.*





*Figur 11 - På SE Woodward Street, en lokalgata i ett bostadsområde, har en mindre regnbädd anlagts i parkeringsremsan. Regnbädden saknar egen brunn, men har inlopp och utlopp i båda ändar. Dagvattnet från gatan rinner igenom, infiltrerar, fördröjs och renas. Överskottet rinner sedan ut till dagvattenbrunnen nederst i bild.*



*Figur 12 - Ett stenkast bort på SE Woodward street har denna regnbädd med perenner, gräs och ett träd anlagts på en skiljeremsa mellan gatan och gångbanan. Regnbädden tar emot dagvatten från inlopp mot gatan och gångbanan. Denna lösning tar ingen parkering i anspråk.*





Figur 13 - På huvudgatan SE Division street, vid korsningen SE 37th Avenue, har en regnbädd anlagts vid ett övergångsställe. Åtgärden minskar gatubredden vilket sänker trafikhastigheten och minskar avståndet som fotgängare måste korsa. Tidigare fanns här inget övergångsställe och gatan hade två körfält.



Figur 14 - Samma situation sett från gångbanan. Regnbädden ger en lummig och betryggande barriär mellan gångbana och gata. Bädden har planterats med perenner, gräs och två träd; ginkgo (*Ginkgo biloba*) och kårrek (*Quercus palustris*).



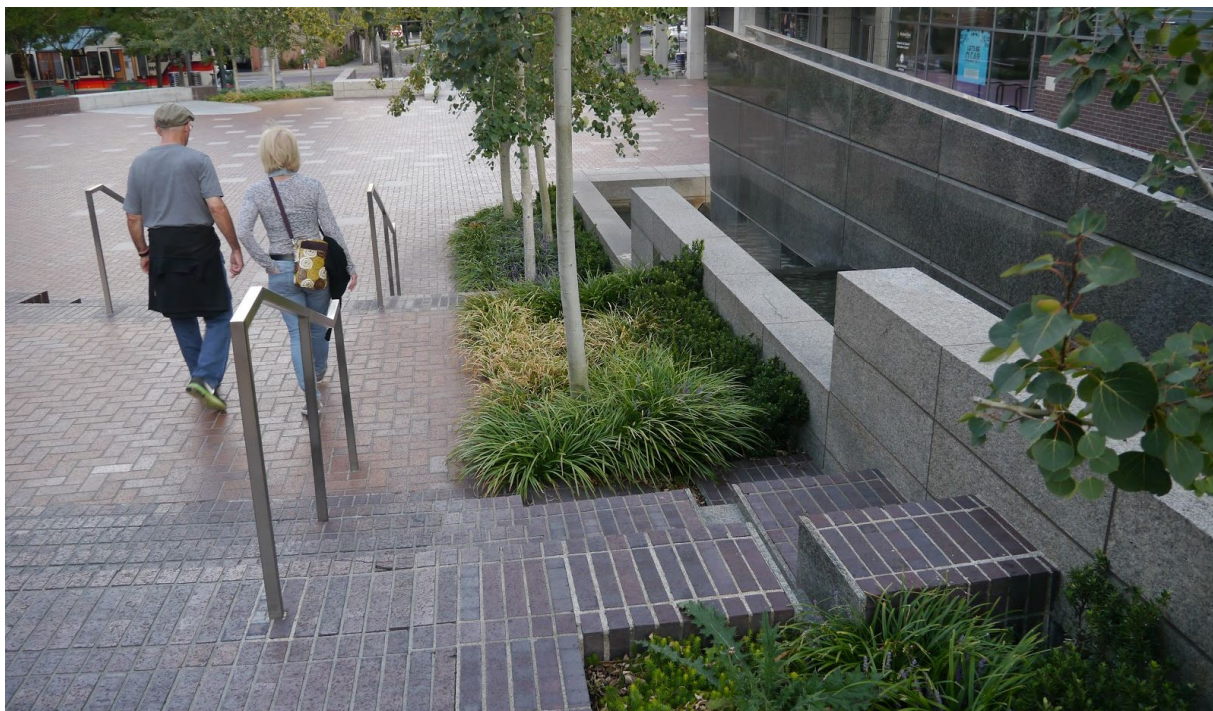


*Figur 15 - På SW Park Avenue, vid korsningen SW Yamhill Street, har de två parkeringsplatserna närmast korsningen tagits bort och gett plats åt en regnbädd. Anläggningen tar emot dagvatten som rinner ned för gatan och är försedd med en översilningsbrunn i den nedre änden. Regnbädden saknar träd, vilket sannolikt beror på underjordisk platsbrist i den ledningstäta innerstaden.*



*Figur 16 - På Urban Centre Plaza, ett torg på universitetsområdet i centrala Portland, samlas dagvatten från torgytan i rännarlar och leds till en regnbädd igenom ett hål i granitmuren.*





Figur 17 - När den första bädden är vattenmättad rinner överskottet vidare till nästa regnbädd via en kanal i trappan. I den tredje regnbädden finns översilningsbrunnen. Amerikansk asp (*Populus tremuloides*), mossor, gräs och perenner pryder bäddarna.



Figur 18 - Denna sträcka av SW Montgomery Street var tidigare en trafikerad gata utan träd. Nu ombyggd till gånggata med plats för cykelparkeringar, bänkar och flera regnbäddar.

---

#### 4.2.3 SAMMANFATTNING PORTLAND

---

De metoder som användes i Portland:

- Biofilter kan anläggas på ytor med parkeringsförbud, nära korsningar och övergångsställen.
- Biofilterytor kan användas för att skapa en betryggande distans mellan fordonstrafik och fotgängare.
- Biofilter kan anläggas på hårdgjorda torg.
- Mindre trafikerade gator kan göras till gånggata med regnbäddar.
- Smitvägar/korsningar där onödiga impediment tar upp ytor.
- Biofilter kan anläggas på smala skiljeremsor med trädplanteringar som idag inte tar emot något dagvatten. Växtförhållandet för träden förbättras och dagvatten fördröjs.

---

#### 4.3 MALMÖ

---

Regnbäddarna på Monbijougatan i Malmö stod klara 2015. Frodiga planteringar med träd och gräs tar emot dagvatten från hela gatan. Metoden är ny för Malmö och hämtar inspiration från Portland. (Christoffersson, 2015)

Det kan diskuteras om Monbijougatans regnbäddar är nyexploatering eller anpassning av befintlig gata. I skrivande stund finns det inte mycket publicerad information om dem.

Tomten norr om gatan, Kv Oket, byggdes med nya bostadshus i enlighet med detaljplan 4745 som antogs 2006. Bygget färdigställdes 2014 och då var den 18 meter breda Monbijougatan endast provisoriskt anlagd med grus och asfalt. (Malmö stad, 2014)

Två detaljplaner (Dp4745 & Dp4696) tar upp förlängningen av Monbijougatan

mellan Kv Oket och Möllevångsskolan. Men ingen av dem nämner dagvattenhantering eller regnbäddar i gatan. Detaljplan 4745 (med planbeskrivning) visar, i plan och illustration, gatan i normalt utförande med parkeringsplatser och konventionella trädplanteringar. (Malmö stadsbyggnadskontoret, 2002) & (Malmö stadsbyggnadskontoret, 2006)

I Malmö stads objektgodkännande för projektet (Malmö stad, 2014) redovisas planer för att anlägga stora planteringarna med gräs och träd, byggda för att ta emot dagvatten från gatan. Dessa är anlagda som hastighetssänkande chikaner för att skapa en trivsamt och säker gatumiljö. Syftet med ombyggnaden av gatan väntas bidra till gatukontorets målsättning om attraktiva, trygga, tillgängliga, säkra och ekologiskt hållbara trafiksystem. Planteringarna ska ge naturupplevelser i stadsmiljön och skapa rumslighet.

Eftersom att den ursprungliga planen inte innefattade regnbäddslösningen, och denna tillkom först ett år efter gatans anläggande, görs i detta sammanhang bedömningen att regnbäddarna utfördes som en anpassningsåtgärd av ett befintligt gaturum. Gatubredd var redan fastställd sedan tidigare och räknade aldrig med den yta som regnbäddarna tar i anspråk.



---

#### 4.3.1 BILDER FRÅN MALMÖ

---



*Figur 19 - Ormskinnstall, katalpa och bärarm växer i en bädd av bland annat randgräs, stjärnflocka och tuvtåtel. (Christoffersson, 2015)*



*Figur 20 - Sidoförskjutningen som regnbäddarna ger skapar en chikan, en trafiksäkerhetsåtgärd. (Malmö stad, 2014)*



Figur 21 - Regnbäddarna skapar en betryggande barriär mellan gångbanan och gatan.

---

#### 4.3.2 SAMMAFATTNING MALMÖ

---

- Regnbäddar anlagda för att skapa *chikaner*, sidoförskjutningar av vägbanan som fungerar hastighets-sänkande på trafiken.
- Vintergröna träd ger prydnads-värde även på vintern.
- Regnbäddarna ger en skyddande barriär mellan gångbanan och trafiken.



#### 4.4 SAMMANFATTNING AV FALLSTUDIEOBSERVATIONER

METOD	STAD	EFFEKT
Del av gata tas i anspråk för biofilteryta.	Köpenhamn, Portland, Malmö	Minskar andelen hårdgjord yta i stadsmiljön. Innebär i vissa fall att parkeringsplatser tas bort.
Biofilteryta anläggs längst gata och separerar gångbanan från trafik.	Köpenhamn, Portland, Malmö	Ger en tryggare trafikmiljö för gångtrafikant. Gör gatan smalare vilket sänker hastigheten för bilister. (Malmö stad, 2006)
Befintliga grönytor i anslutning till gatan, som tidigare inte tog emot dagvatten, ges en biofilterfunktion.	Köpenhamn, Portland	Växter i stadsmiljö har ofta problem med otillräcklig vattentillgång (Pålstam, 2003). Metoden kan gynna stadens befintliga grönsstruktur.
Biofilteryta anläggs i ände av lokalgata, vilket skapar en återvändsgata.	Köpenhamn	Genomfartstrafik försvinner från lokalgata. Antalet korsningar minskar i gatunätet, vilket ger högre trafiksäkerhet (Malmö stad, 2006).
Biofilter läggs på ytor i parkeringsfilen nära korsningar och övergångsställ, som är belagda med parkeringsförbud.	Portland	Tar inte bort några befintliga parkeringar. Den smalare körbredden sänker hastigheten vid korsningar och övergångsställ utan att skymma sikten, vilket ökar trafiksäkerheten.
Biofilteryta anläggs på delar av hårdgjord allmän platsmark, t.ex. torg.	Portland	Tar inte plats från trafik eller parkering. Ger grönska till offentliga ytor i staden. Ger skugga och sänkt temperatur under varma dagar.
Dagvatten från gatan leds igenom svackdike eller separat regnbädd med salttåliga växter, innan det når ytor med känsligare växtmaterial och filtersubstrat.	Köpenhamn	Minskar tillkommande vägsalt i större regnbäddar, vilket gynnar både växtmaterial och växtjordens struktur (och därmed reningsförmåga).
Mindre utnyttjade gator kan stängas av helt för biltrafik, vilket frigör stora ytor till biofilter.	Portland	Ger stora ytor. Färre korsningar mellan lokalgata och huvudgata förbättrar trafiksäkerheten (Malmö stad, 2006). Stadsmiljön på gatan förbättras avsevärt.
Biofilterytan anläggs som <i>chikaner</i> , sidoförskjutningar i gatan som sänker trafikens hastighet.	Malmö	Ger sänkt hastighet, vilket gynnar trafiksäkerheten samt avgas- och bullernivåer (Hedström, 1999).



## 5 FÖRSLAG

---

I denna del har en modell över en fiktiv stad har skapats, *stadsmodellen*, som representerar typiska kvartersstadsgaturum. I stadsmodellen appliceras idéer och förslag på hur biofilter kan anläggas i staden. Förslagen baseras på fallstudieobservationerna och litteraturstudien.

Från förslagen tas fem exempel, *typlösningar*, ut för mer ingående redogörelse med beräkning av dagvattenhantering. Dessa fem typlösningar appliceras sedan på verkliga gatumiljöer i stadsdelen *Slottstaden* i Malmö, vilket görs med digitala visualiseringar. Slutligen utvärderas förändringen i gatumiljön med hjälp av en enkätundersökning.

### 5.1 MODELL ÖVER KVARTERSSTAD

---

I bilden nedan (fig.22) syns en plan över en modell av en fiktiv stadsmiljö. Modellens mått och utformning är baserad på studier av gatumiljöer i Malmö, med stöd ur Malmö gatukontors publikation *Gatusektioner - Råd och exempel vid utformning av gatumiljöer* (Malmö stad, 2006), som i sin tur delvis bygger på VGU. Även om modellen är baserad på kvartersstadsområden i Malmö (Möllevången, Sofielund och Slottstaden) representerar den sannolikt gatumiljöer av liknande karaktär som typiskt återfinns i större svenska städers centrala lägen. I modellen återfinns en korsning mellan två huvudgator och ett angränsande lokalgatunät.

Hela modellen täcker 61 705 kvadratmeter, varav 26 202 kvadratmeter är gatumark och 35 503 kvadratmeter är kvartersmark.

Gatusektionerna i figur 22 har följande mått i meter:

#### A - Huvudgata

$G2+C2,5+Pl4+K(3,5+3+3+3,5)$   
 $+Pl4+C2,5+G2$  (Totalt 30 m)

#### B - Huvudgata

$G2+C2,5+S1+P2,5+K(3,5+3+3+3,5)$   
 $+P2,5+S1+C2,5+G2$  (Totalt 29 m)

#### C - Lokalgata

$G3,5+P2+K(3,5+3,5)+P2+G3,5$   
(Totalt 18 m)

#### D - Lokalgata

$G2+K7+G2$  (Totalt 11 m)

#### E - Lokalgata

$G3+K7+G3$  (Totalt 13 m)

#### F - Lokalgata

$G4+P2+K(3,5+3,5)+P2+G4$  (Totalt 19 m)

#### G - Lokalgata

$G2+P2+K(3,5+3,5)+P2+G3$  (Totalt 16 m)

Ovan gäller:

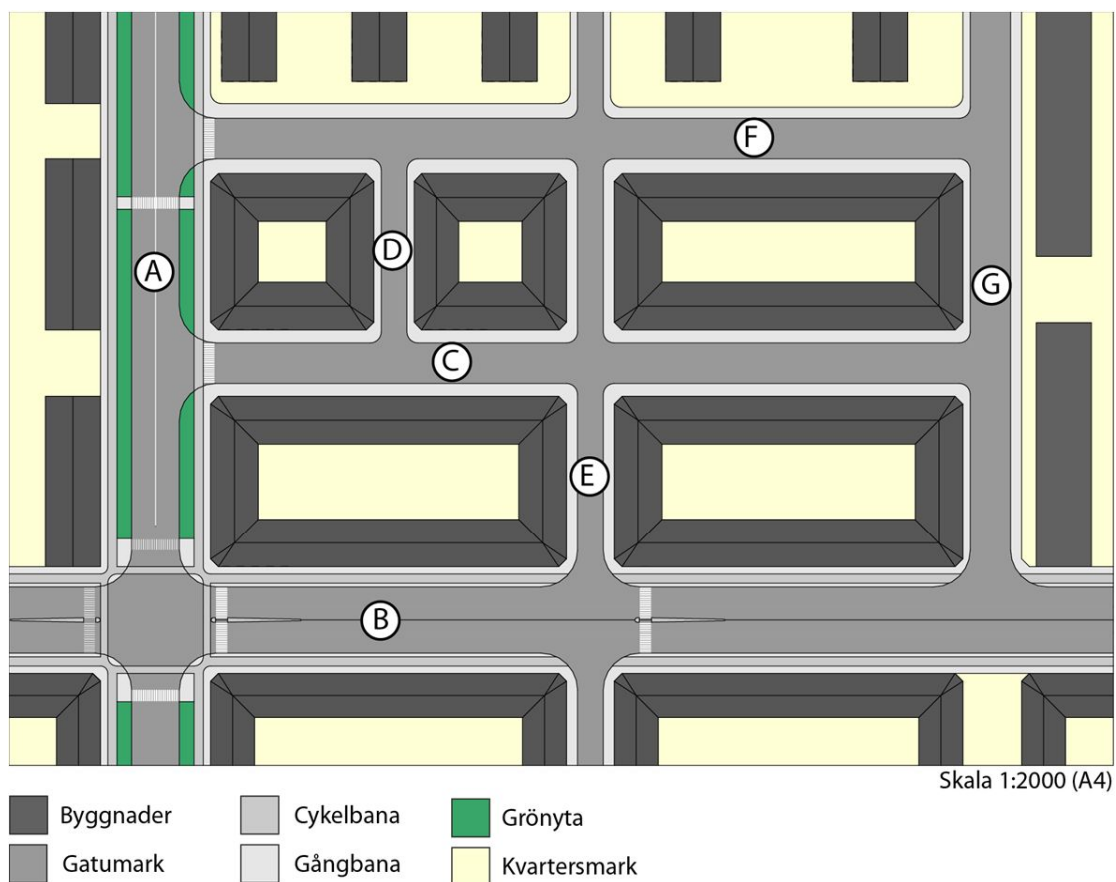
G: Gångbana, C: Cykelbana, Pl: Plantering, P: Parkering, K: Körbana, S: Skiljeremsa  
Hastighetsbegränsningarna antas vara 30 km/h på lokalgator och 50 km/h på huvudgator.

---

#### 5.1.1 ATT HITTA YTOR FÖR BIOFILTER

---

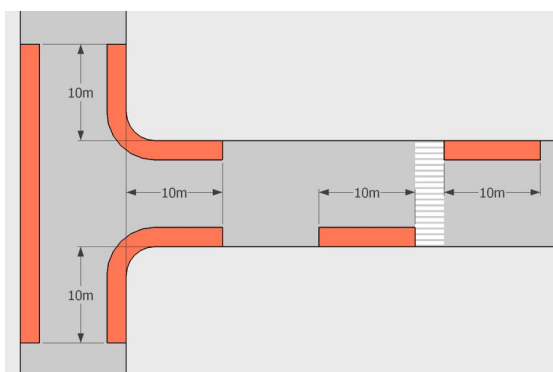
Om gatumark i staden ska tas i anspråk för att anlägga biofilter, är de första ytorna att undersöka de som idag inte nyttjas. Därefter kan, så som setts i fallstudierna, ytor som ökar trafiksäkerheten eller begränsar trafiken undersökas.



Figur 22 – Plan över typmodell.

#### 5.1.1.1 PARKERINGSYTOR

I figur 23 kan vi se att ytor nära korsningar och övergångsställe har parkeringsförbud (Transportstyrelsen, 2014). Dessa ytor i staden kan alltså inte utnyttjas som parkeringsyta. De är ej heller del av körbanan. I att anlägga regnbäddar på dessa platser tydliggörs därtill att de ej är tillåtna parkeringsplatser, och därmed kan eventuella felparkeringar och missförstånd undvikas. I fallstudien av Portland finns exempel på ytor intill korsningar och övergångsställen där det anlagts biofilter.



Figur 23 - Visar de ytor vid korsningar och övergångsställ som är belagda med parkeringsförbud. Illustration fritt efter Transportstyrelsen (2014).

#### 5.1.1.2 TRAFIKSÄKERHET

I ovan studerad litteratur redovisas trafik-säkerhetsåtgärder för tätorter som kan skapa säkrare och lugnare boendemiljöer. I kommande delar undersöks hur dessa åtgärder kan appliceras på modellen för att hitta ytor till biofilteranläggningar.

##### A - Anslutningar

Enligt Malmö stad (2006) bör anslutningar (korsningar och utfarter) i huvudgatunätet ej ligga tätare än 100 meter. Den markerade korsningen i figur 24 mellan lokalgata och huvudgata kan därmed ses utgöra en olycksrisk. Då gatan innanför går att nå från alternativa vägar i lokalgatunätet kan korsningen tas bort. En liknande lösning går att se i fallstudien av Tåsingeplads i Köpenhamn, där korsningen mellan Langøgade och Ourøgade togs bort för att ge plats åt en större biofilteryta (*regnsko-gen*). Denna typ av åtgärd minskar även genomfartstrafik i lokalgatunätet vilket ger ökad trafiksäkerhet (Malmö stad, 2006).

##### B - Länkar

Malmö stad (2006) tar upp längden på gatusträckorna, vad som kallas *länkar*. I figur 24 ses ett par platser där längden på länkarna i lokalgatunätet överstiger 50 meter, markerade med B, vilket även är vanligt förekommande i de studerade kvartersstadsområdena i Malmö. Enligt Malmö stad kan länkarna kortas med fysiska åtgärder, t.ex. klackar (ibid).

VGU (2004) tar också upp exempel på hastighetsdämpande åtgärder, t.ex. sidoförskjutningar och avsmalning av körbanebredden.

Ett exempel på detta kan ses i fallstudien av Monbijougatan i Malmö där biofilteranläggningar anlagts som chikaner för att minska körbanebredden och sidoförskjuta körbanan.

##### C - Korsningar

Malmö stad (2006) tar upp utbyggda klackar i korsningar som en metod för att sänka bilars hastighet på gator med kantstensparkering. Argumentet görs att då kantstensparkeringarna inte nyttjas upplevs gatan bred vilket leder till hög hastighet.

En utbyggd klack utgör en permanent avsmalning till skillnad från parkerade bilar som flyttar sig. Vid att nyttja de ytor som har parkeringsförbud (se ovan) behålls samma mängd parkeringsplatser. Breda refuger kan ha samma funktion (Malmö stad, 2006). Detta minskar gatubredden från mittlinjen.

Flera exempel på denna typ av åtgärd kan ses i fallstudien av Portland, där biofilter anlagts för att minska körbanebredden vid korsningar och övergångsställen.

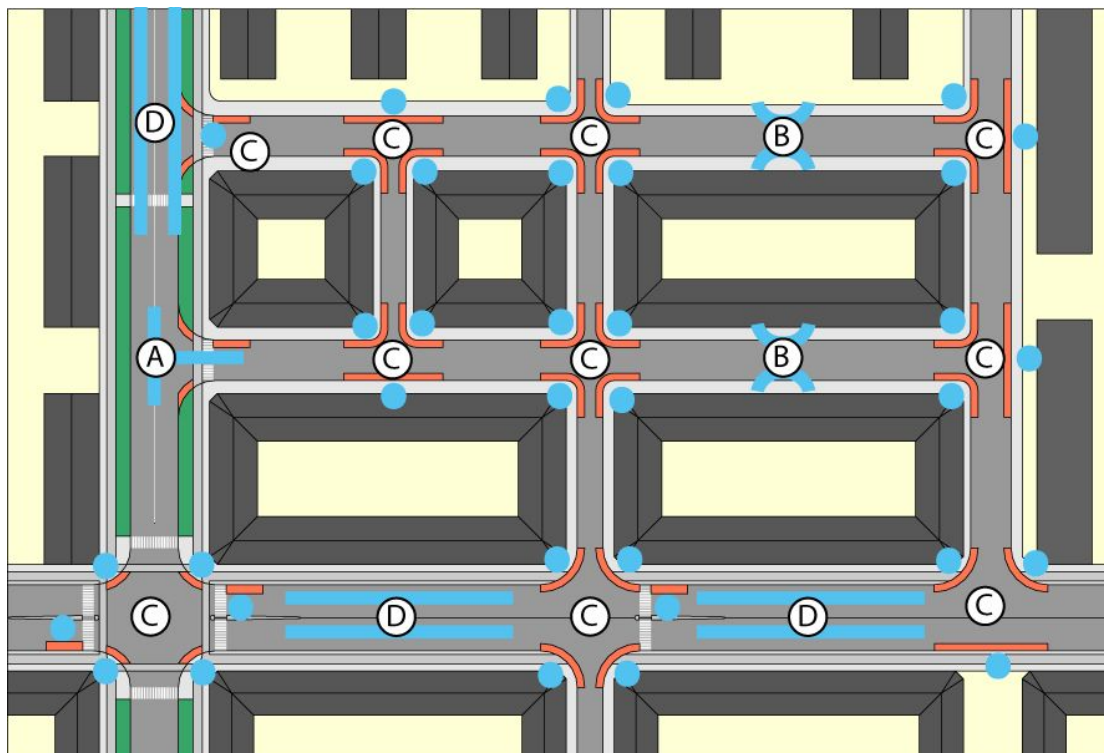
VGU (2004) påpekar att bilister kan lockas till att öka hastigheten inför en avsmalning för att hinna förbi innan mötande bil hinner fram. Men denna invändning mot avsmalning bygger på antagandet att avsmalningen ger ett gemensamt körfält för de mötande bilarna. Görs avsmalningen med refug, vilket delar körbanorna till två smala filer, undviks en sådan effekt.

Problemet kan också uppstå om avsmalningen endast görs som punktinsats på gatulänken. Detta kan motverkas genom att hela körbanebredden avsmalnas.

##### D - Körbanebredd

Malmö stad (2006) nämner en minskning av hela körbanebredden som en hastighetssänkning, ned till 6,25 meter för två körfält. I många kvartersstadsområden är gatorna onödigt breda (ibid).

Ett liknande exempel på detta kan ses i fallstudien av Tåsingeegade i Köpenhamn där körbanebredden längst en hel länk smalnats av vid anläggandet ett svackdike i parkeringsremsan. I projektområdet för Klimakvarter beräknas de breda gatorna



Figur 24 – Plan över stadsmodellen som visar områden belagda med parkeringsförbud (rött) och områden som rör trafiksäkerhet (blått). Bokstäverna A-D visar vilken åtgärd som är kopplad till trafiksäkerhet, se avsnitt 5.1.1.2.

kunna göras 20 procent smalare med bibehållen trafikstandard (Klimakvarter, 2013).

VGU (2004) skriver att avsmalning av körbanan endast är effektiv när bilisten får möte. Detta är ett värdefullt argument, då bilister sällan får möte på lågtrafikerade lokalgator. Alltså får bilisten ofta tillgång till båda körfälten vilket bjuder in till högre hastigheter än 30 km/h.

Den tidigare nämnda metoden med breda refuger som minskning av körbanebredd (punktvis som klackar) skulle kunna appliceras på en längre sträcka för att minska körbanebredd längst hela gatulänken. Att skilja körbanorna åt med en refug gör hastighetsminskningen effektiv även om bilisten inte får möte.

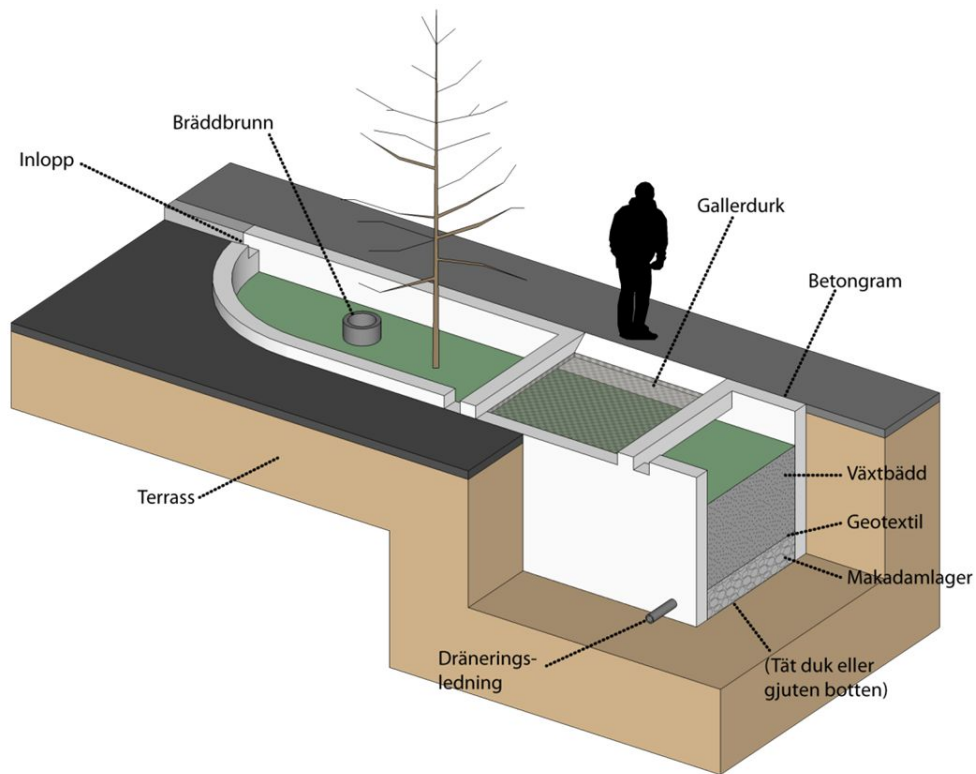
Enkelriktning av gator möjliggör en minskning av hela bredden till en körbana, utan problem med möten. Detta frigör en

hel körbanas yta till andra ändamål, d.v.s biofilter.

## 5.2 UTFORMNING AV BIOFILTER I MODELLEN

Till modellen har jag ritat några olika varianter på biofilter eller regnbäddar, vilka kan ses som standardmodeller eller *byggstenar*. Byggstenarna är inspirerade av och baserade på resultaten från fallstudierna och litteraturstudierna.

Biofiltren är konstruerade efter principen med en omgärdande betong- eller stenkant, vilket var vanligt förekommande i fallstudierna. Kanten är sänkt vid inlopp från kringliggande mark och utlopp sker via bräddbrunn och dräneringsledning i makadamlagret. Botten gjuts med betong eller förses med tät duk om infiltration till terrassen inte är lämplig på platsen.

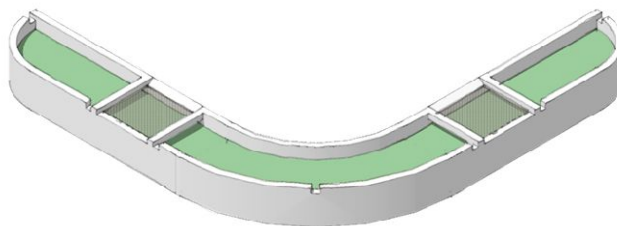


För att ej hindra flanörers rörlighet i staden, och eftersom biofiltren i de kommande förslagen ofta läggs på hörn, uppstod en tanke om att biofiltren bör gå att korsa. Föreslagen lösning på detta är att överlägga biofiltret med ett finmaskigt gallerdurk, eller liknande konstruktion, på strategiska ställen. Detta gör det möjligt att nyttja fördröjningskapaciteten som filter-substratsvolymen och översvämningssonen under gångbanan erbjuder.

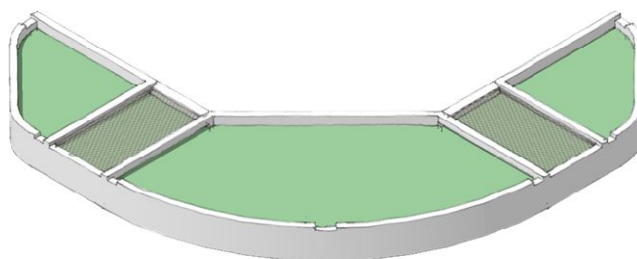
---

### 5.2.1 EXEMPEL PÅ OLIKA TYPER AV BYGGSTENAR

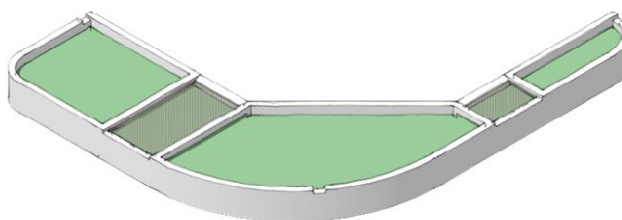
---



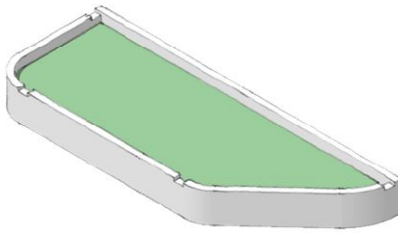
*Figur 26 - Byggsten 1 - Hörn med jämn bredd. Byggs 2 meter ut från kantsten, motsvarande bredden på en parkeringsfil, och når 10 meter in från korsande vägbana, motsvarande parkeringsförbudet. Anpassad för inre hörnradie på 3 meter. Två övergångar med gallerdurk. 31 kvadratmeter biofilteryta.*



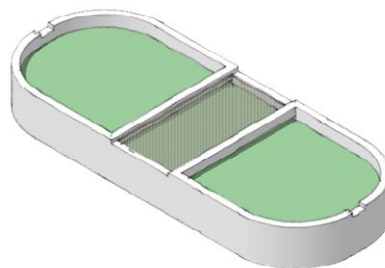
*Figur 27 - Byggsten 2 - Hörn med bred utbyggnad i båda ändar. Byggs ut 3,75 meter från kantsten, 10 meter in från korsande vägbana. På grund av bredden har ändarna längre fasning så att bilar lättare kan backa in i parkeringsfilen bakom. Här har gatuhörnet kapats och inkluderas i biofiltres utformning, vilket kan göras beroende på huskroppens läge och gångbanans bredd. 67 kvadratmeter biofilteryta.*



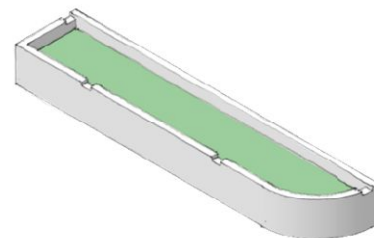
*Figur 28 - Byggsten 3 - Hörn med bred bred och smal utbyggnad. Byggs ut 3,75 meter från kantsten i ena änden och 1,75 meter i andra, når 10 meter in från korsande vägbana. Breda änden är anpassad för att möta parkeringsfilen på höger körbana, då bilar kan backa in i parkeringsfickan, men kan också göras fasad. 52 kvadratmeter biofilteryta.*



*Figur 29 - Byggsten 4 - Länkbrytande klack. 10 meter lång och 3,75 meter bred. Fasad på den sida där bilar behöver backa in i parkeringsfilen. Kan spegelvändas på motsatt sida. 28 kvadratmeter biofilteryta.*



*Figur 30 - Byggsten 5 - Bred refug med övergång av gallerdurk. 10 meter lång och 4 meter bred. 32 kvadratmeter biofilteryta.*



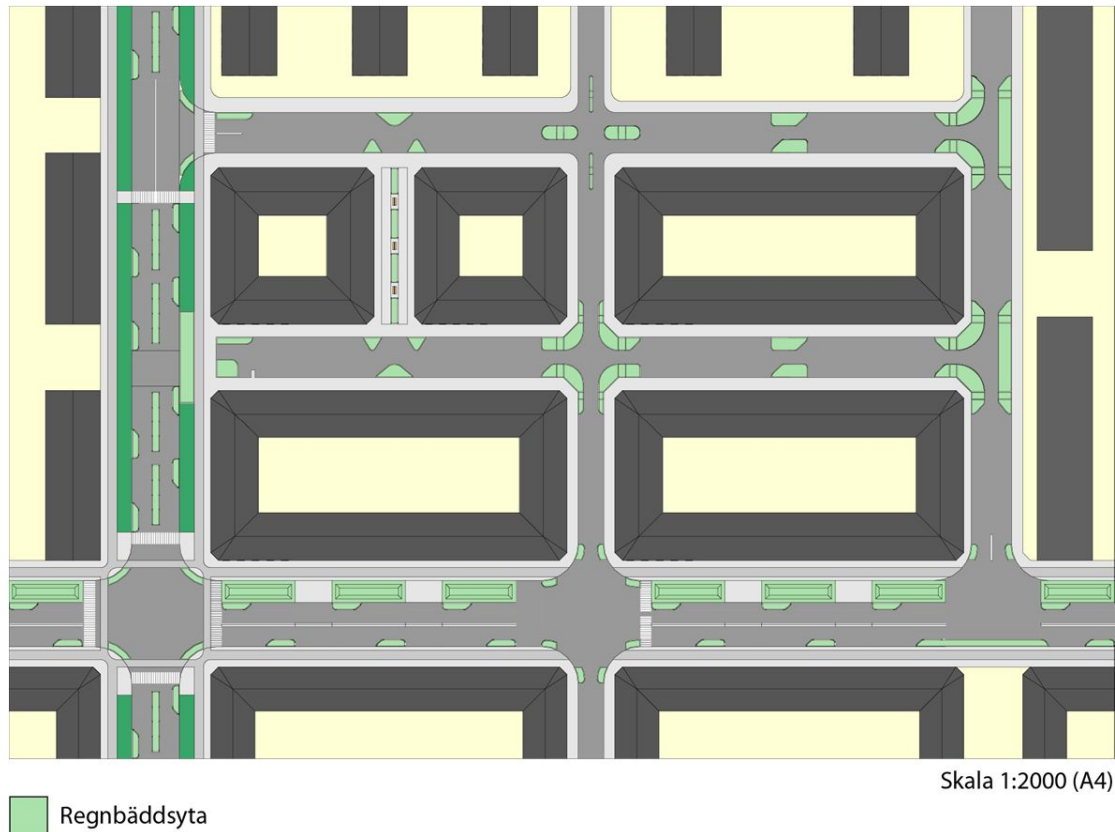
*Figur 31 - Byggsten 6 - Biofilter anpassat för att läggas i parkeringsfilen innan övergångsställ. 10 meter lång, motsvarande parkeringsförbudet, och 2 meter bred, motsvarande parkeringsbredd. 15 kvadratmeter biofilteryta.*



---

### 5.2.2 TYPLÖSNINGAR APPLICERAT PÅ STADSMODELLEN

---



Figur 32 - Plan över modellen som visar potentiella lägen för regnbäddar enligt ovan nämnda principer. Totalt ger detta 1 302 kvadratmeter regnbäddsyta, där den totala anslutande gatumarken är 24 900 kvadratmeter, alltså 5,2 procent av avrinningsområdet. Litteraturstudier gjorda av Lindfors et al (2014) rekommenderar att regnbäddar dimensioneras till mellan 2 - 6 procent av avrinningsytan.

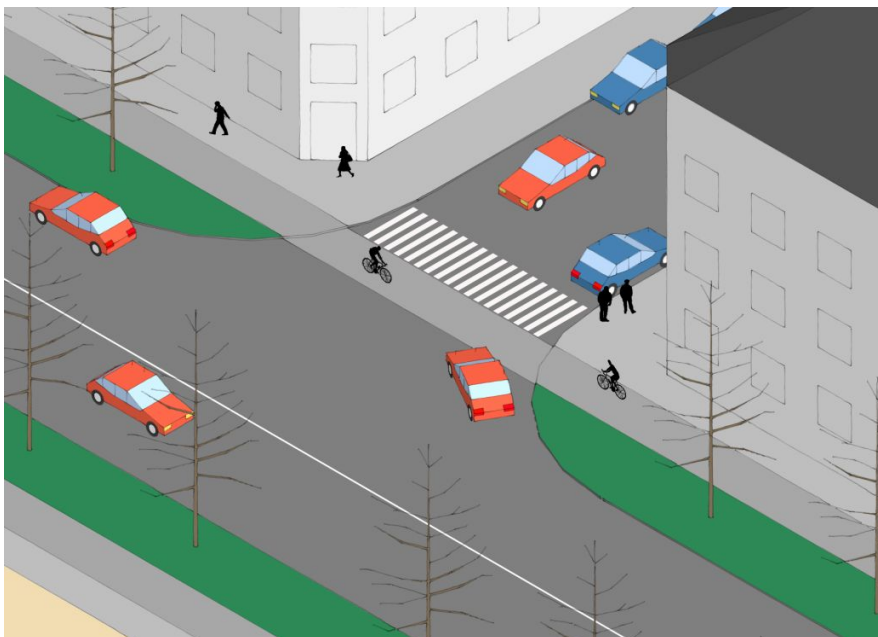
---

### 5.2.3 EXEMPEL PÅ METODER

---

Nedan följer skisser på exempel för hur biofilter kan införas på gatumark i stadsmodellen. I bilderna representerar de röda bilarna bilar i trafik, och de blå bilarna parkerade bilar.

### 5.2.3.1 EXEMPEL – ANSLUTNING LOKALGATA/HUVUDGATA

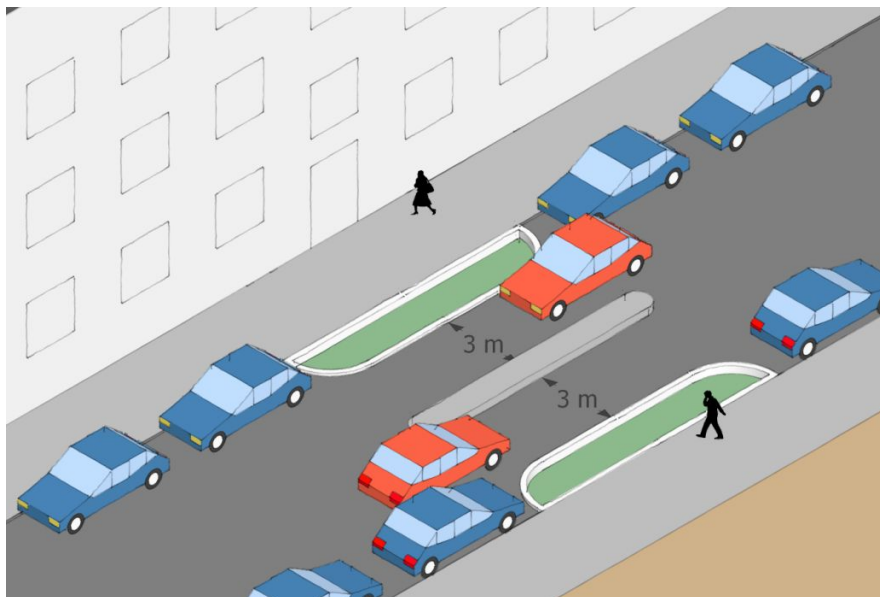


Figur 33 - Anslutning mellan lokalgata och huvudgata. Konflikter mellan cyklister, fotgängare och bilister utgör en trafiksäkerhetsrisk.

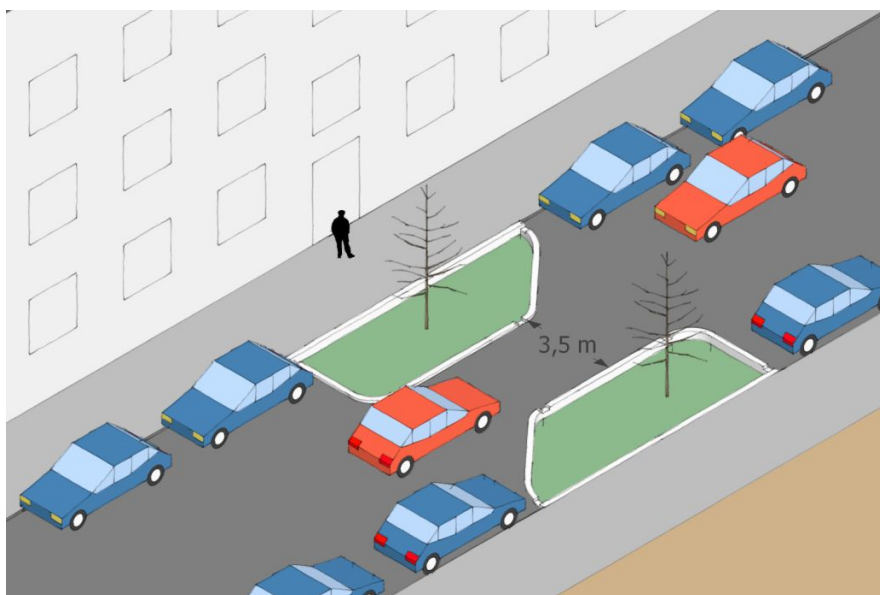


Figur 34 - Lokalgatan görs om till en återvändsgata med vändzon, som kan nås från annat håll via lokalgatunätet. En större regnbädd kan anläggas på den frigjorda ytan, vilket också skapar en skyddande barriär mellan gång- och cykelbana och huvudgatan. I exemplet ovan försvinner tre kantstensparkeringsplatser från lokalgatan. Jämför Langøgade i fallstudien av Köpenhamn.

### 5.2.3.2 EXEMPEL - LÄNKAVKORTNING MED KLACKAR, PUNKTVIS AVSMALNING

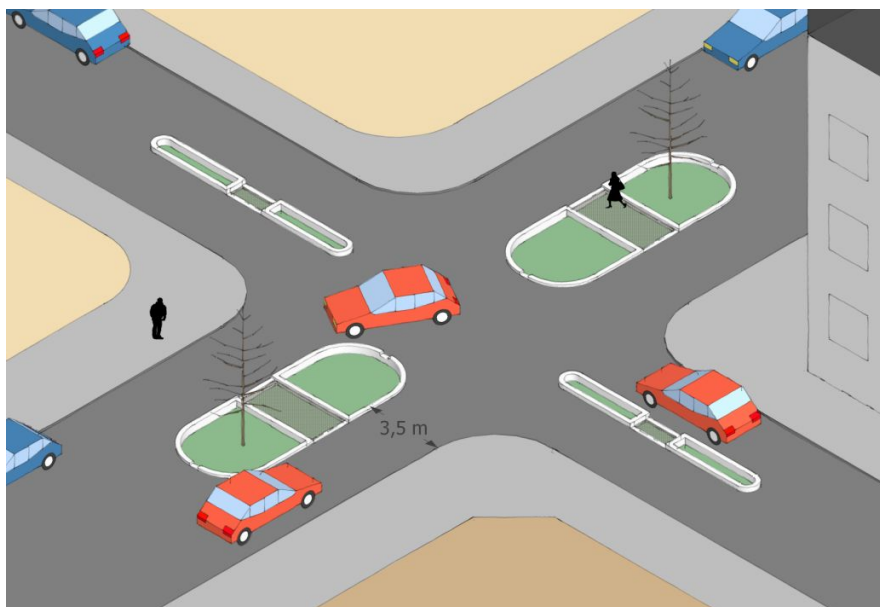


Figur 35 - Exempel på länkelning med hastighetsdämpande åtgärd på 11 meter bred lokalgata. Biofilter anläggs över hela parkeringsremsans bredd, vilket utgör en permanent avsmalning av vägen. Den kvarvarande körbanan kan delas med en refug, eljest uppnås hastighetsdämpande effekt endast vid möte. Utryckningsfordon kan köra över refugen med ett hjul i var körbana.

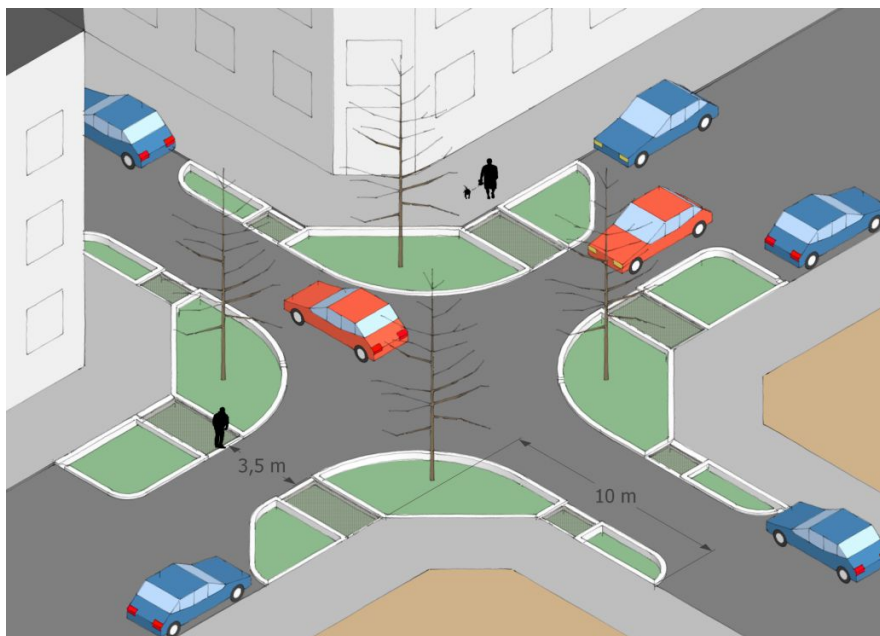


Figur 36 - Exempel på länkelning med hastighetsdämpande åtgärd på 11 meter bred lokalgata. Breda biofilter anläggs på vardera sidan vägen, vilket lämnar ett körfält (brett nog för utryckningsfordon) där mötande bil får invänta en lucka, men på lågtrafikerade gator sker möten inte så ofta. Sker möten ofta kan exemplet i Fig 35 (ovan) vara lämpligare. Annars kan lösningen ge upphov till ryckig körning, vilket enligt Hedström (1999) resulterar i mer buller och avgaser.

### 5.2.3.3 EXEMPEL - KORSNINGAR



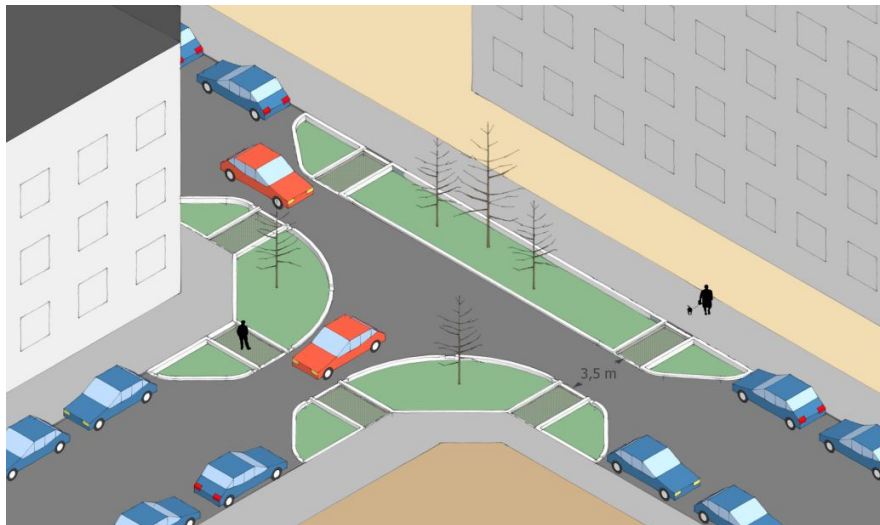
Figur 37 - Exempel på refuger som hastighetsdämpande åtgärd i korsning mellan två lokalgator. I detta exempel delas körbanan i två filer, vilket ger ett jämnare trafikflöde vid möten, och därmed lägre buller och utsläpp (Hedström, 1999).



Figur 38 - Exempel på klackar som hastighetsdämpande åtgärd i korsning mellan två lokalgator. I detta exempel smalnas körbanan ned till ett 3,5 meter brett fält, vilket gör att mötande bilar får vänta. Som i tidigare exempel är detta lämpligt om möten förväntas ske ofta. Lösningen tar inga parkeringsplatser i anspråk då regnbäddarna anläggs på ytor förlagda med parkeringsförbud.

#### 5.2.3.4 EXEMPEL – TREVÄGSKORSNING, LOKALGATA

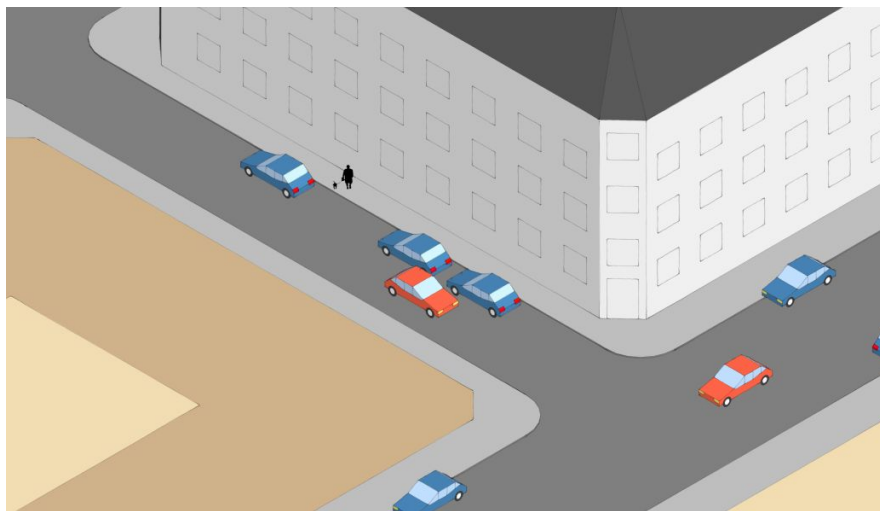
---



Figur 39 – Biofilter anlagda i trevägskorsning. Här finns stora ytor att tillgå då en stor del av korsningen är belagd med parkeringsförbud (se ovan). Detta betyder att inga parkeringsplatser förloras. Smalnas den väl tilltagna bredden av till en körbana, såsom i bild, ges stora ytor. Möte är möjligt i mitten av korsningen.

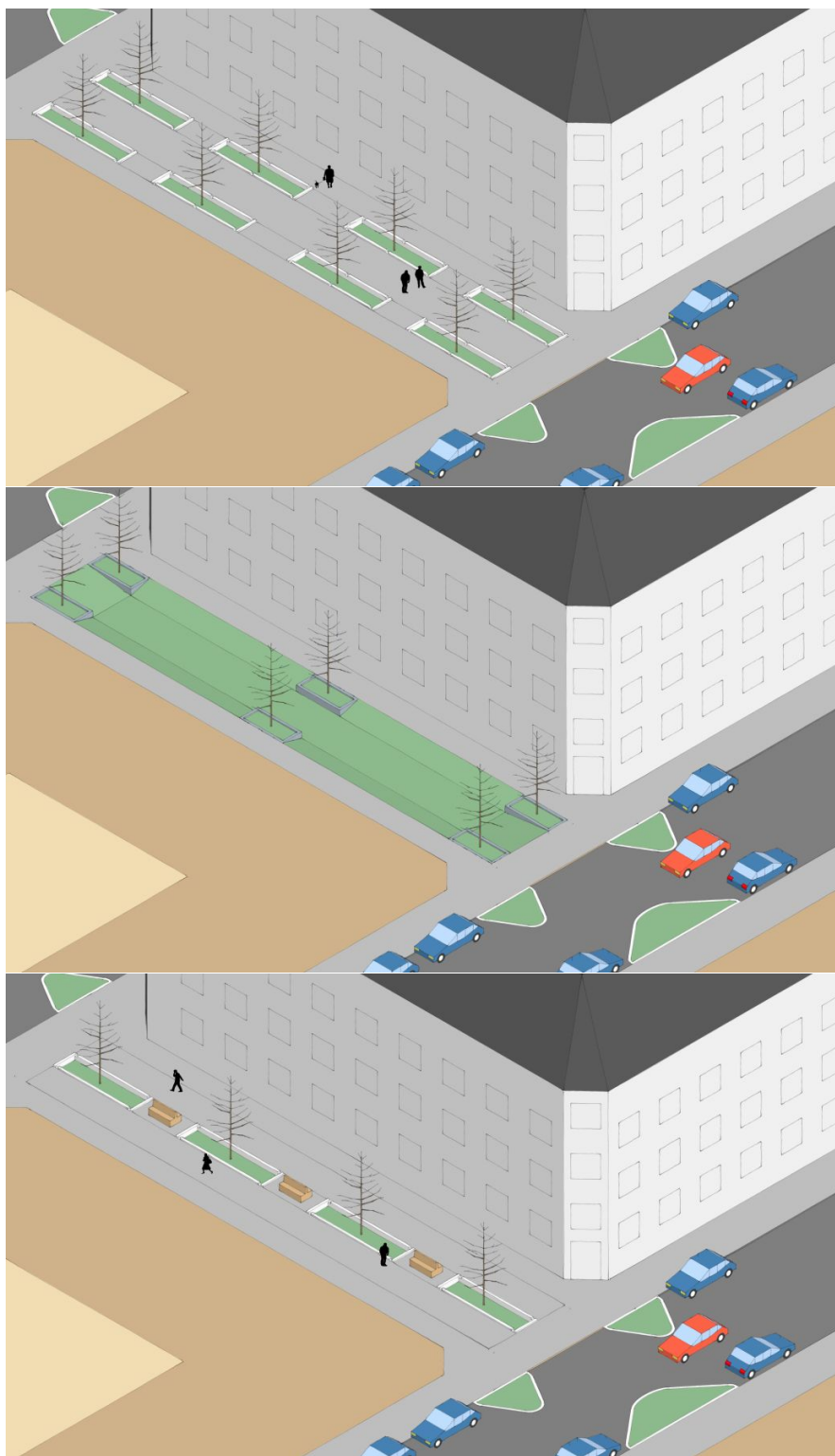
#### 5.2.3.5 EXEMPEL – LOKALGATA, HEL LÄNK

---



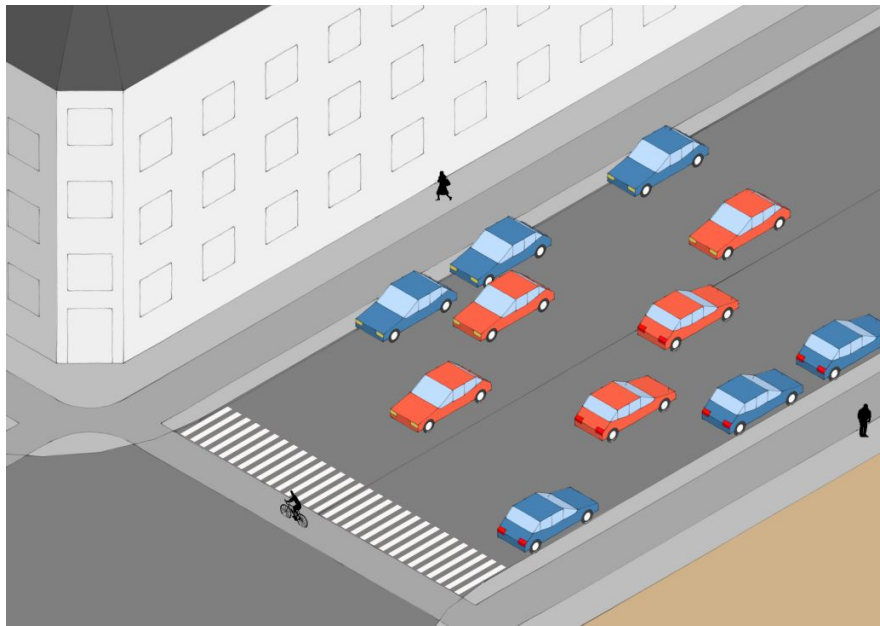
Figur 40 – Bild på lokalgata i befintligt utförande.



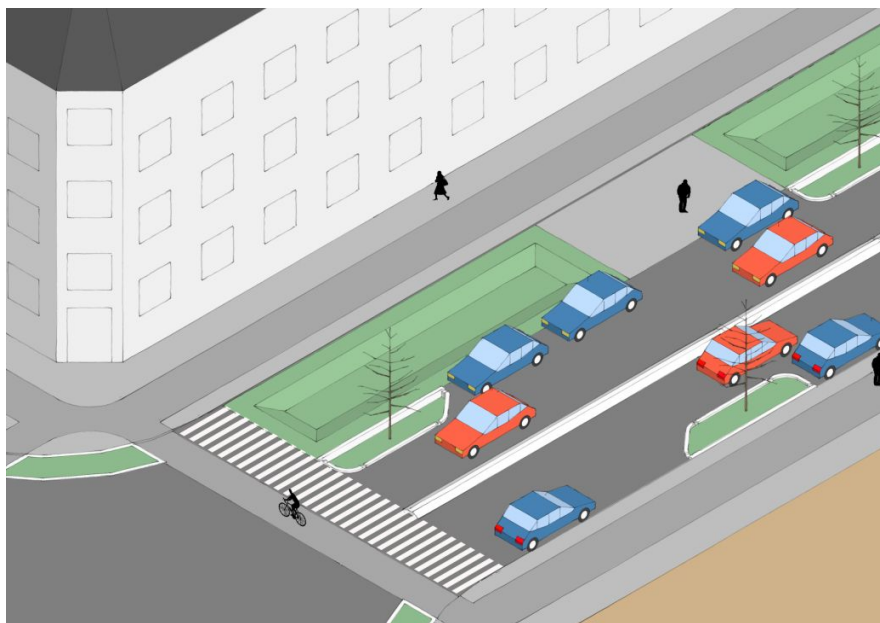


*Figur 41 – Tre exempel på hur biofilter kan anläggas på lokalgata. I mittenalternativet sänks hela ytan, vilket ger ett stort fördröjningsmagasin. I det sista alternativet läggs biofilter i mitten av gaturummet, därmed kan träden utvecklas med god distans till fasader.*

#### 5.2.3.6 EXEMPEL – HUVUDGATA, DEL AV LÄNK



Figur 42 – Bild över en av huvudgatorna i stadsmodellen. Gatan har parkeringsremsa och två körfält i var riktning, med en total bredd på 18 meter.



Figur 43 – I detta exempel har gatan minskats till ett körfält i vardera riktningen, åtskilda av en refug. Parkeringsremsan behålls, men med biofilter vid jämna intervall. Den bredd som blir över nyttjas till biofilter, här i form av grön svackliknande yta som kan magasinera stora vattenvolymer. Denna gröna remsa, här lagd i söderläge, bryts i detta exempel upp med en hårdgjord yta. Detta för att möjliggöra andra ändamål såsom uteserveringar eller cykelparkeringar.





*Figur 44 – Bild över den andra huvudgatan i stadsmodellen. Denna gata saknar kantstensparkering men kantas av en rad träd på var sida.*



*Figur 45 – I detta exempel skiljs körbanorna åt med en bred regnbädd. En körbana i vardera riktningen tas bort, men istället anläggs parkeringar som kan kompensera något för eventuella förluster av parkeringar i lokalgatorna. I parkeringsremsan anläggs biofilter vid jämna intervall. Vattnet dessa infiltrerar kan gynna de befintliga träden, såsom setts i Portland*

### 5.3 TYPLÖSNINGAR

I detta avsnitt har fem exempel från idéerna ovan valts ut, och presenteras mer ingående.

Typlösningarnas omfattning motsvarar den trafiklänk de är avsedda för. Ytan som inräknas (upptagningsområdet för nederbörd) sträcker sig halvvägs till den punkt där nästa typlösning väntas finnas. T.ex. om det är 50 meter mellan två korsning räknas de första 25 meterna av gatan till första korsningen, och de kommande 25 meterna till andra korsningen. Länkar längre än 50 meter i lokalgator bryts upp med någon typ av åtgärd (se ovan), varför upptagningsområdet sällan sträcker sig längre än 25 meter från berörd punkt i typlösningarna.

#### 5.3.1 BERÄKNINGAR

Det är intressant att se vad dessa typlösningar har för effekt på nederbördsavrinningen och dagvattenhanteringen. För att beräkna detta har jag använt en tidig version av det danska verktyget "LAR-potentiale".

Verktyget är designat för att enkelt värdera den potentiella effekten av att anlägga regnbäddar i befintlig stadsmiljö. Upphovspersonerna menar att den begränsade datan om platsens förhållanden i tidiga planeringsstadier, och osäkerheten i de antaganden som istället görs, gör att en förenklad metod för att beräkna dagvattenlösningarnas effekt inte påverkar resultatet mer än vad osäkerheten i datan redan gör. I senare skeden kan noggrannare beräkningar göras, men modellen gör det lättare att snabbt skissa och utvärdera nya förslag i tidiga skeden (Lerer et al, 2015).

Då typlösningssmodellen är baserad på uppskattningar av vanligt förekommande spatiala förhållanden, och antagan-

den om platsens förhållanden, ansågs en förenklad beräkningsmodell lämpligare än detaljerade uträkningar. Beräkningsmodellen består av ett Excel-dokument med tillhörande instruktioner för användning, vilket upphovspersonerna har delat med sig av.

I beräkningarna förutsätts terrassen ha ett hydrauliskt konduktivitetvärde motsvarande fyllmassor,  $1e^{-7}$ .

Modellen är baserad på *trepunktsmetoden*, vilken är en metod för att dela in nederbörd i tre kategorier beroende på intensitet. (Lerer et al, 2015)

A - Vardagsregn: mindre och frekventa regn utan konsekvenser.

B - Designregn: den regnmängd för vilken t.ex. ledningssystemen dimensioneras. Ofta med en förväntad återkomst på 5 eller 10 år. Innefattar 99 procent av den årliga nederbörden.

C - Extremregn: Regn som överstiger den dimensionerade mängden och inte får plats i ledningssystemet. Stadsplanerare ansvarar för att överskottsvatten leds bort dit det inte ger upphov till skador då det är för dyrt att dimensionera ledningsnätet efter dessa mängder.

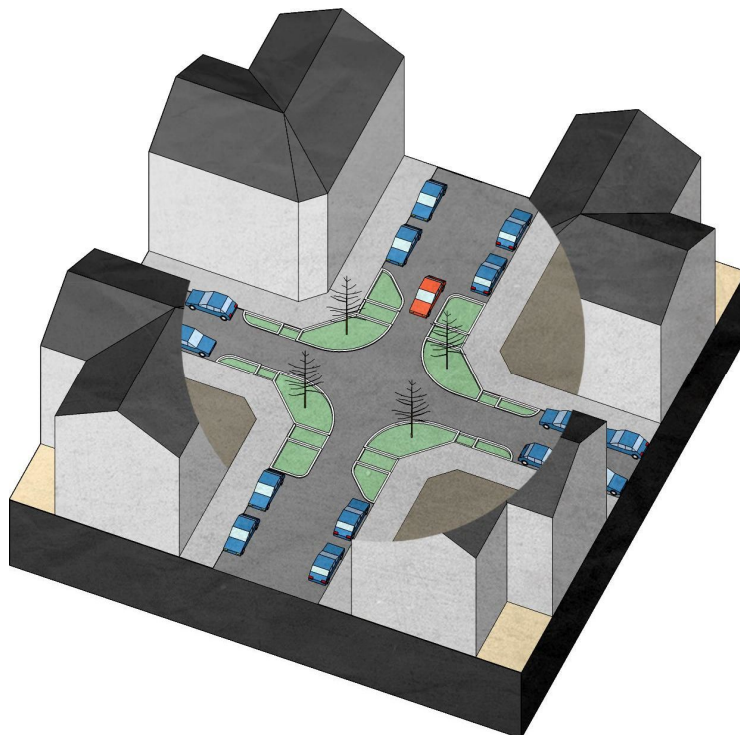
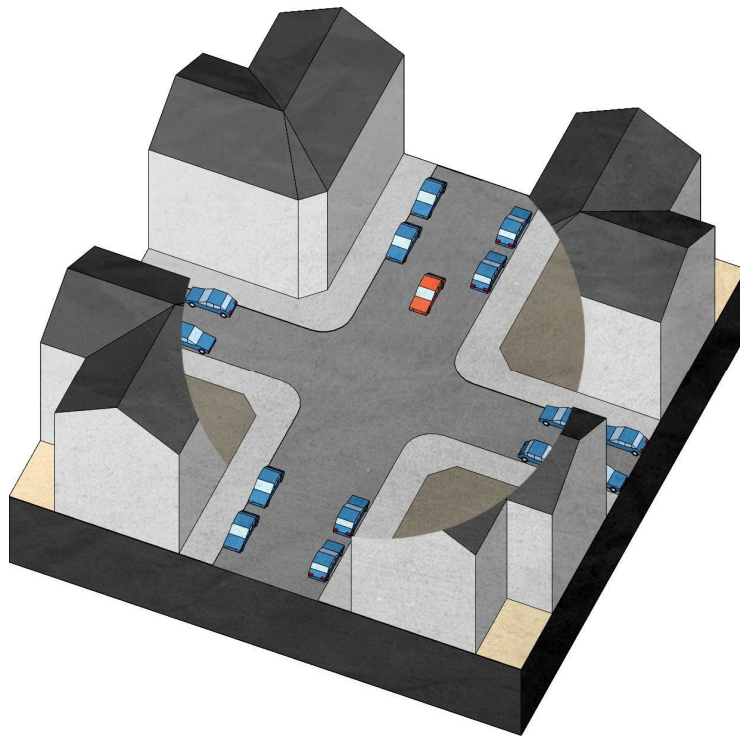
(Lerer et al, 2015)

Modellen räknar på att en regnbädd har en växtbädd och ett makadamlager med ett totalt djup på 140 centimeter. Detta djup skiljer sig knappt från vad som rekommenderas i Lindfors et al (2014) för biofilter med träd.

Ledningar under mark kan medföra att det inte är möjligt att anlägga biofilter med detta djup. Ledningar under mark kan också medföra att det inte är möjligt att anlägga den föreslagna mängden i en verklig situation.

### 5.3.1.1 TYPLÖSNING 1 - KORSNING MED KLACKAR

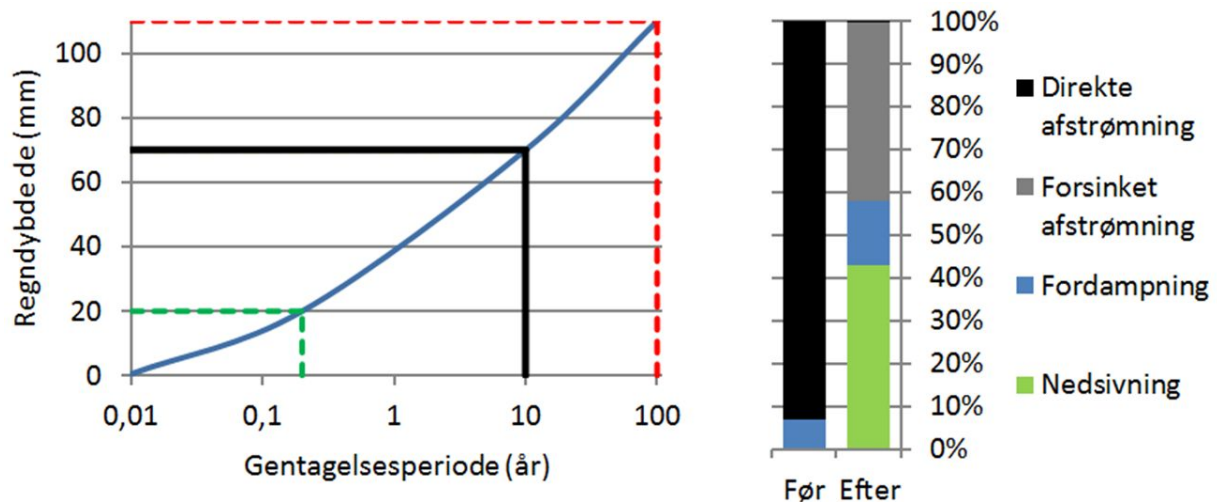
---



Hårdgjord gatumark (före): 1 454,3 kvadratmeter  
Hårdgjord gatumark (efter): 1 268,3 kvadratmeter  
Area omgjord till biofilteryta: 186 kvadratmeter  
Bortfall i parkeringsplatser - inga.

I detta exempel har samtliga hörn i en korsning mellan två lokalgator bebyggts med biofilter. Biofilterytans bredd har anpassats mot gatorna för att skapa en körbanebredd på 3,5 meter innan korsningen. Denna lösning valdes över refuglösning (se ovan) då arean för biofilter blir större, och trafiken i lokalgator oftast är så pass låg att möten sällan sker.

Fördelen med denna lösning är att den inte tar några parkeringsplatser i anspråk, och att den minskar hastigheten vid korsningar.



### Kapacitet, nederbörd

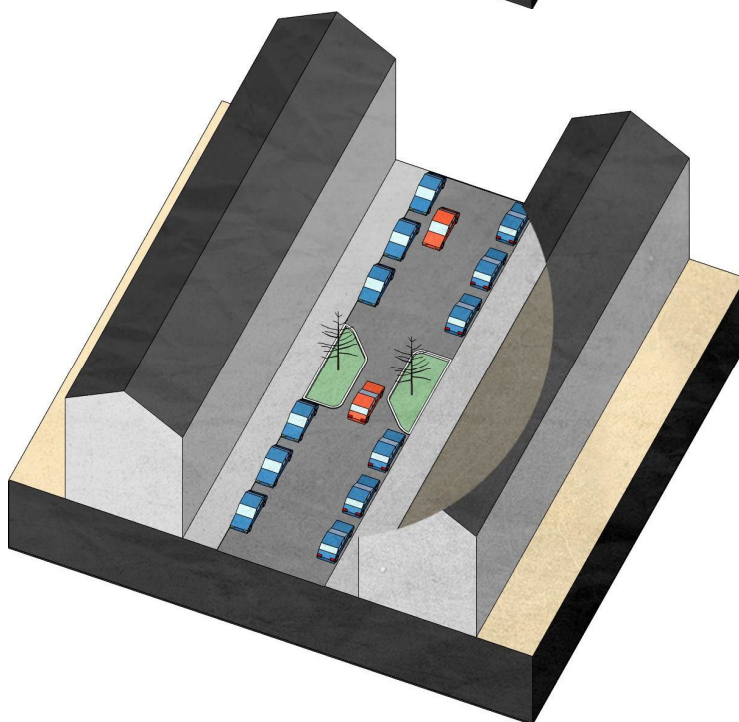
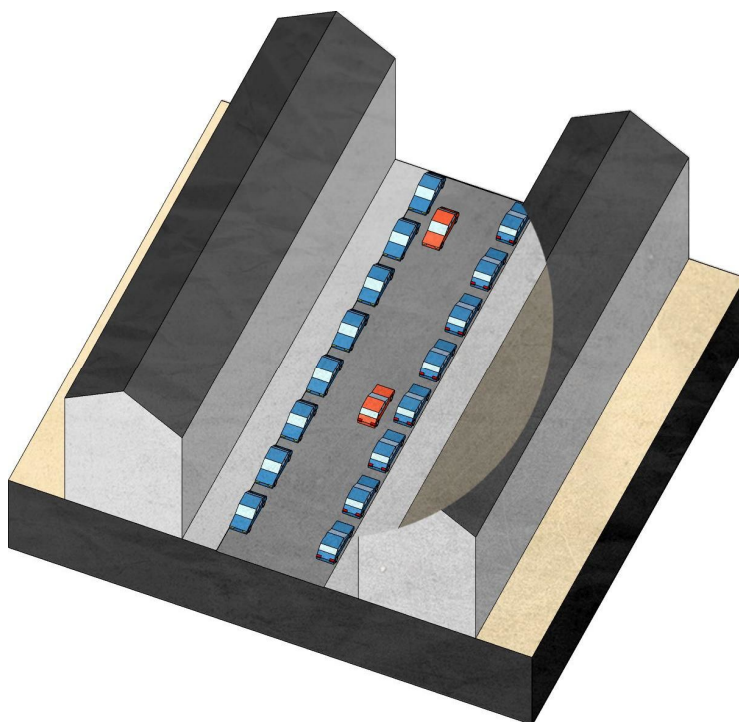
Återkomsttid: 10 år

Mängd: 70 mm

I resultatet från beräkningsmodellen syns att denna lösning ger god effekt och ger högst möjliga utslag på återkomsttid.

### 5.3.1.2 TYPLÖSNING 2 - LÄNKBRYTANDE KLACK, ENFILIG AVSMALNING

---

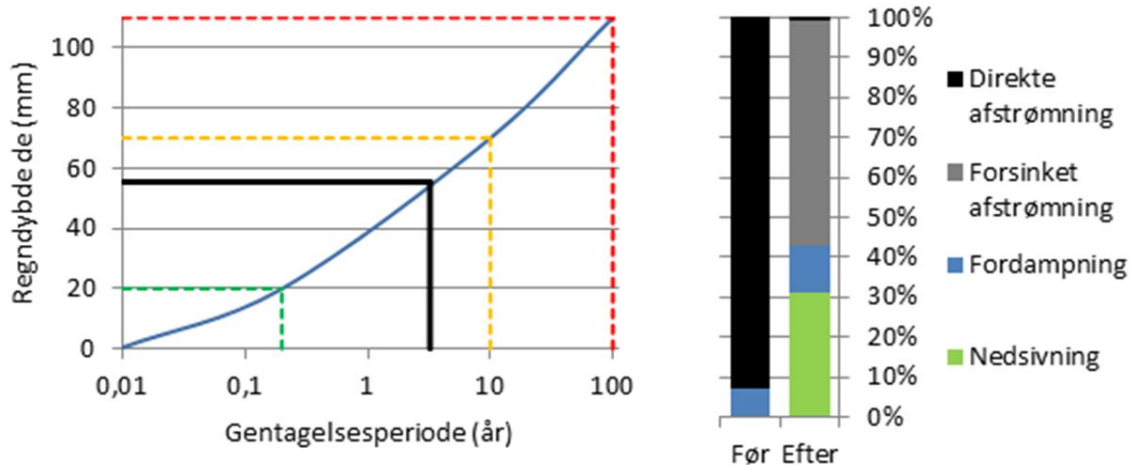




Hårdgjord gatumark (före): 900 kvadratmeter  
Hårdgjord gatumark (efter): 833,8 kvadratmeter  
Area omgjord till biofilteryta: 66,2 kvadratmeter  
Bortfall i parkeringsplatser: 4 st.

Denna metod tar kantstensparkeringsplatser i anspråk för att ge plats åt en trafiksäkerhetsåtgärd. Avsmalningen kan även utföras med refug (se ovan), men här har enfilig avsmalning valts, vilket gör lösningen lämplig på lågtrafikerade gator.

I denna typlösning är längden på regnbädden 10 meter, vilket upptar två parkeringsplatser på var sida gatan. Lösningen skulle kunna utformas med en längd på 5 meter och därmed endast uppta en parkeringsplats på var sida. Det skulle ge samma hastighetsdämpande effekt men den mindre arean skulle ge biofiltret sämre kapacitet.



### Kapacitet, nederbörd

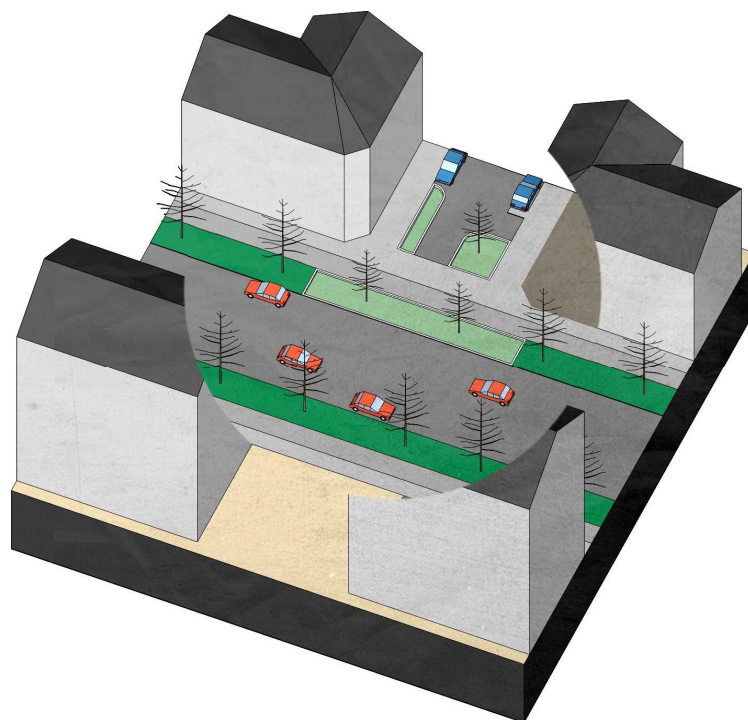
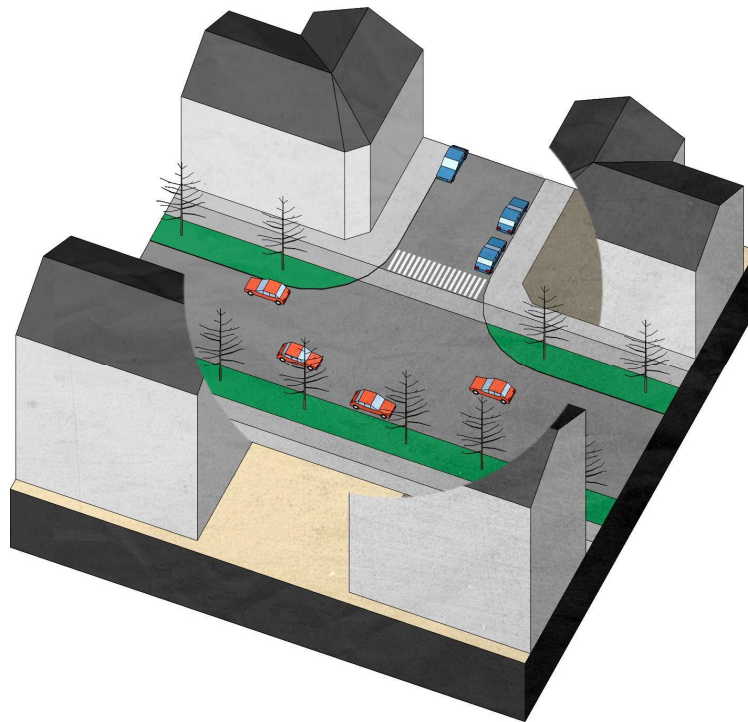
Återkomsttid: 3,2 år

Mängd: 56 mm

Denna lösning ger mindre god effekt vid enskilda nederbördstillfällen, på grund av det relativt stora upptagningsområdet, men sett på årsnederbörd blir skillnaden i direkt avrinning till ledningssystemet väldigt stor.

### 5.3.1.3 TYPLÖSNING 3 - BORTTAGEN ANSLUTNING

---

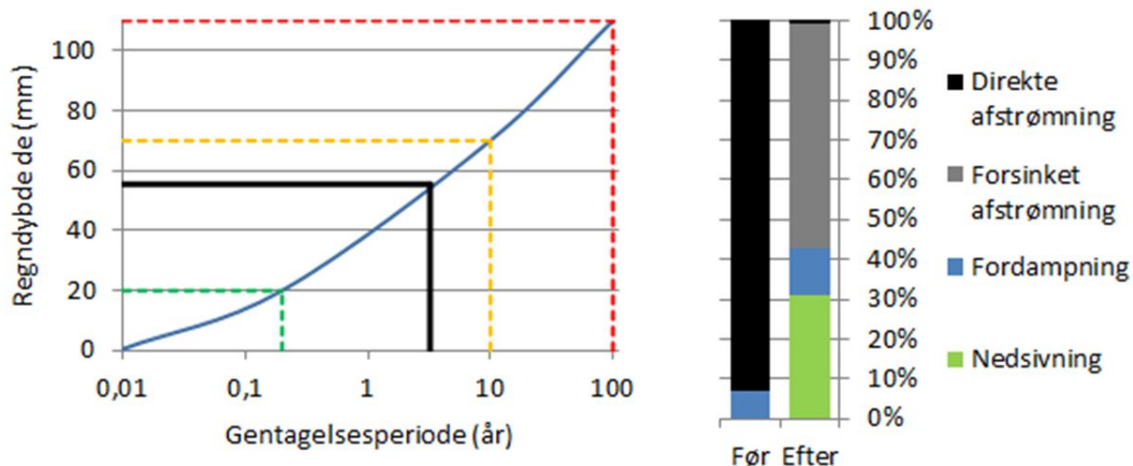


Hårdgjord gatumark (före): 1 707,3 kvadratmeter  
Hårdgjord gatumark (efter): 1 578,6 kvadratmeter  
Area omgjord till biofilteryta: 128,5 kvadratmeter  
Bortfall i parkeringsplatser: 1 st.

I denna typlösning tas anslutning mellan lokalgata och huvudgata bort för att minska genomfartstrafiken på lokalgatan och minska olycksrisken i korsningen. Biofiltret mot huvudgatan skapar, om planterad med träd och buskar, en god barriär mellan trafiken och lokalgatans bostäder. Lokalgatan blir en återvändsgata och änden förses med vändplats, vilket möjliggör ytor i änden också kan nyttjas till regnbäddar.

I detta exempel faller en parkeringsplats bort, men detta beror på att det inte finns några kantstensparkeringar på huvudgatan. I de fall huvudgatan har kantstensparkering blir lokalgatans bredd, samt 10 meter i varje riktning, nu istället tillgänglig för parkering. Eller ännu bättre, biofilter.

I exemplet läggs biofiltret som en förlängning av den trädrad som kantar huvudgatan. Finns ingen trädrad kan förlängningen av parkeringsremsan nyttjas.



### Kapacitet, nederbörd

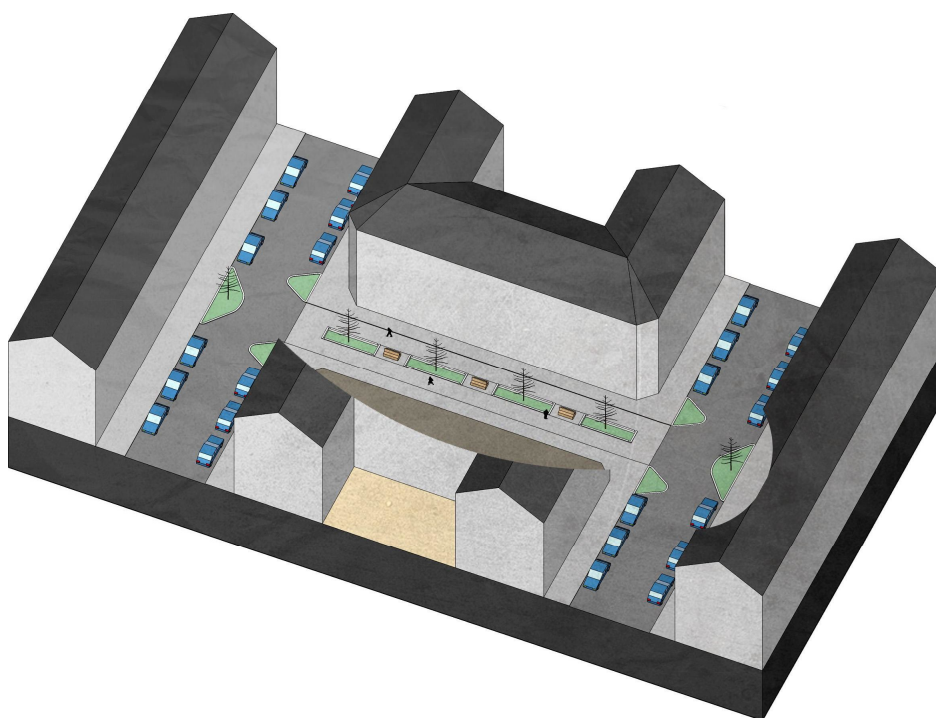
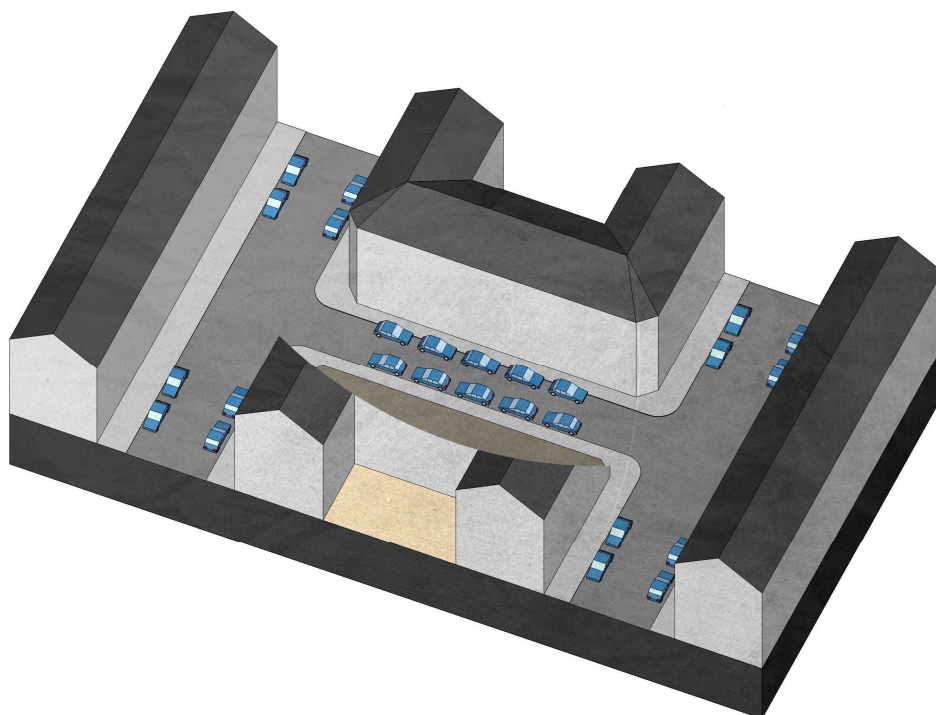
Återkomsttid: 3,33 år

Mängd: 56 mm

Inverkan på avrinningen blir likt den i typlösning 2.

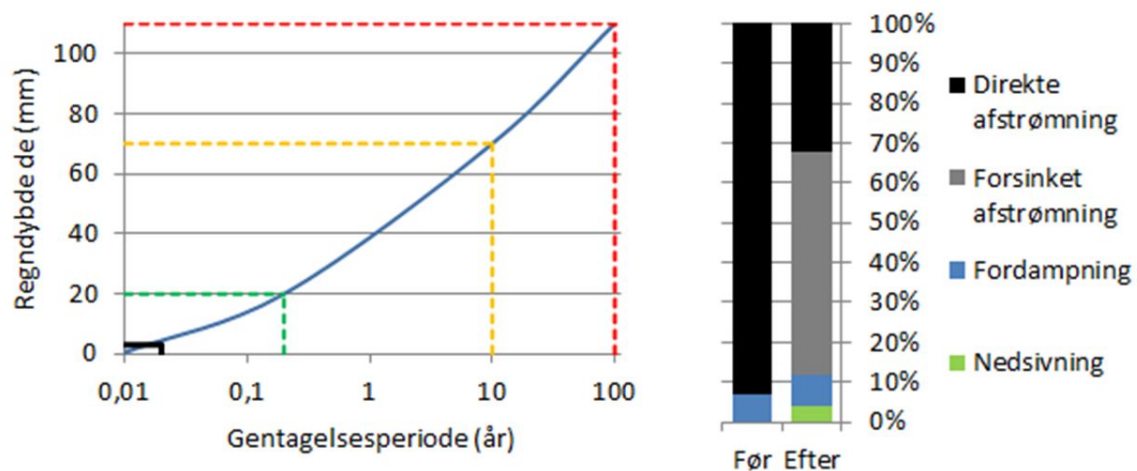
#### 5.3.1.4 TYPLÖSNING 4 - HEL LÄNK, LOKALGATA

---



Hårdgjord gatumark (före): 2 585,5 kvadratmeter  
Hårdgjord gatumark (efter): 2 539,3 kvadratmeter  
Area, omgjord till regnbäddsyta: 46,2 kvadratmeter  
Bortfall i parkeringsplatser: 2 st.

Denna typlösning appliceras här på en plats i stadsmodellen där gatulänken är väldigt kort. Detta gör att typlösningen även inkluderar korsningarna mot omgivande gator, men skulle kunna studeras isolerat så som typlösning 5 (se nedan).



### Kapacitet, nederbörd

Återkomsttid: 0,02 år

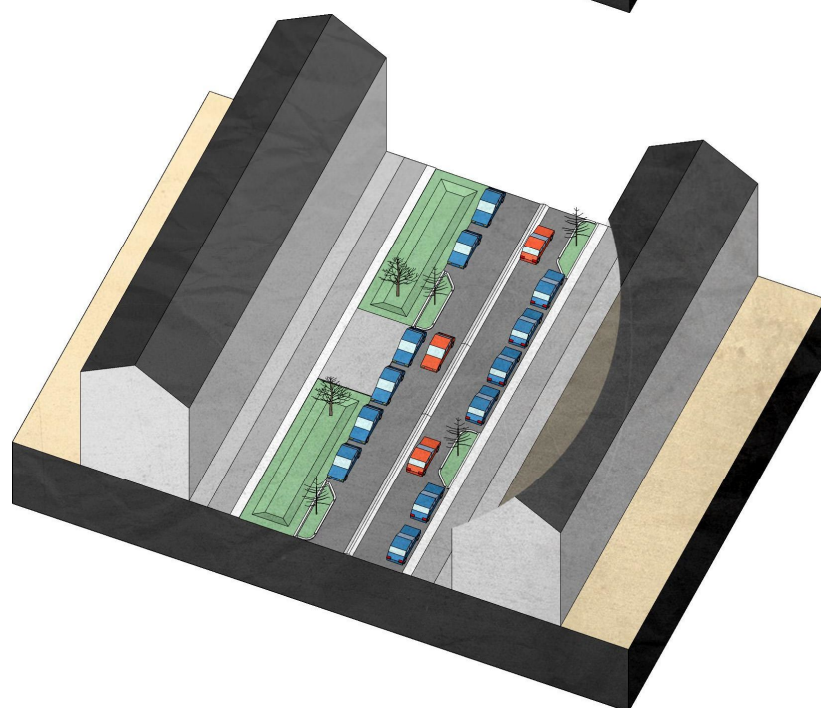
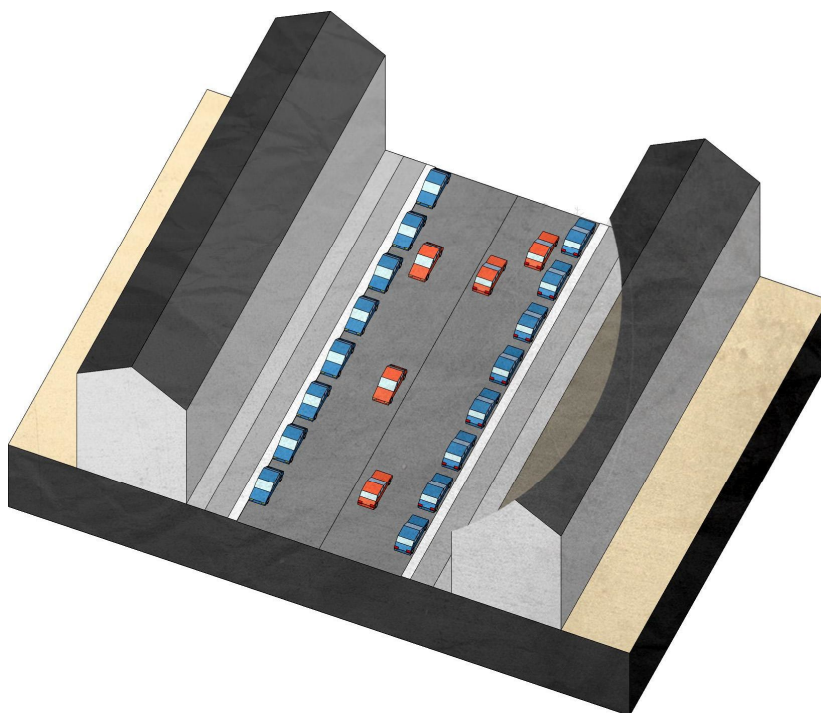
Mängd: 3 mm

På grund av det som beskrivs ovan innefattar typlösningen ett relativt stort upptagningsområde, vilket visar sig i beräkningsresultatet. Studeras endast den centrala gatulänken blir resultatet sannolikt bättre.



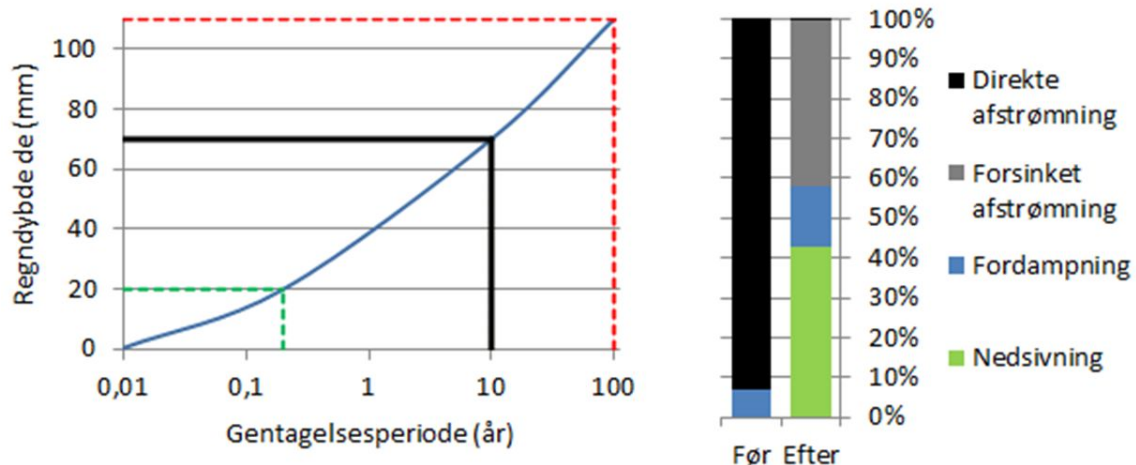
#### 5.3.1.5 TYPLÖSNING 5 - AVSMALNING AV HUVUDGATA

---



Hårdgjord gatumark (före): 1 450 kvadratmeter  
Hårdgjord gatumark (efter): 1 166 kvadratmeter  
Area, omgjord till biofilteryta: 284 kvadratmeter  
Bortfall i parkeringsplatser: 4 st.

I denna typlösning, till skillnad från de övriga, anläggs biofilter hela vägen ut till kanten av upptagningsområdet. Detta beror på att denna typlösning föreslår ändring av hela huvudgatan länk, inte bara en punktinsats.



### Kapacitet, nederbörd

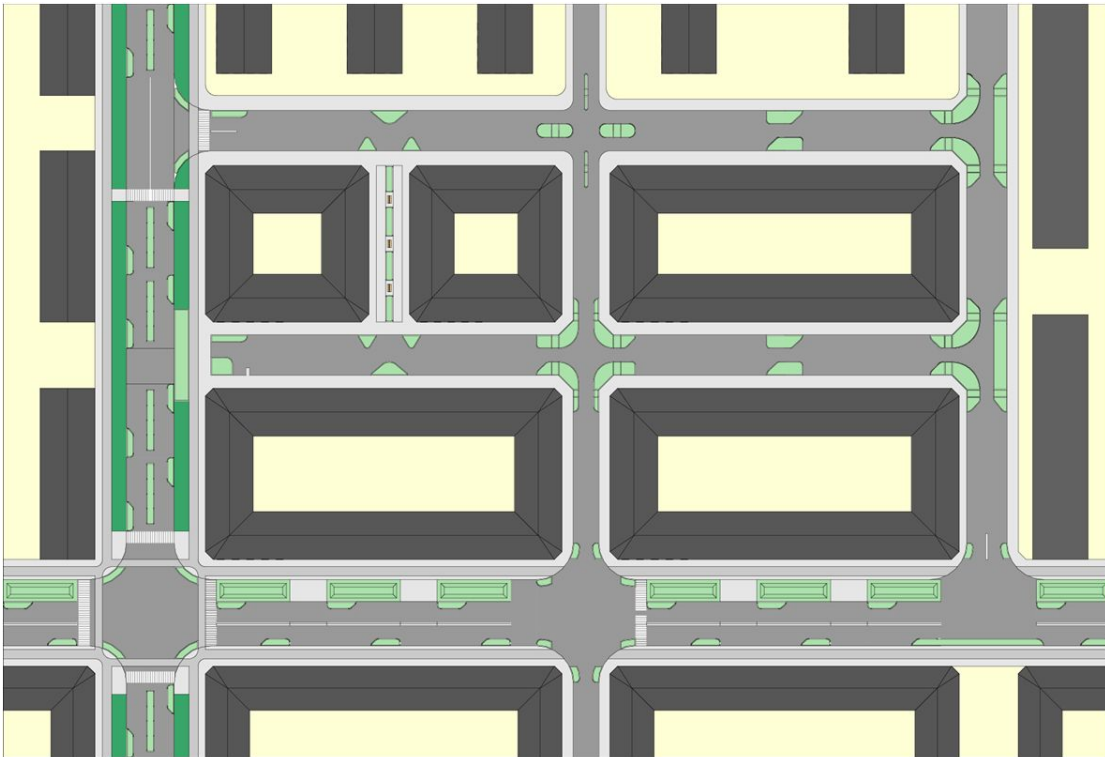
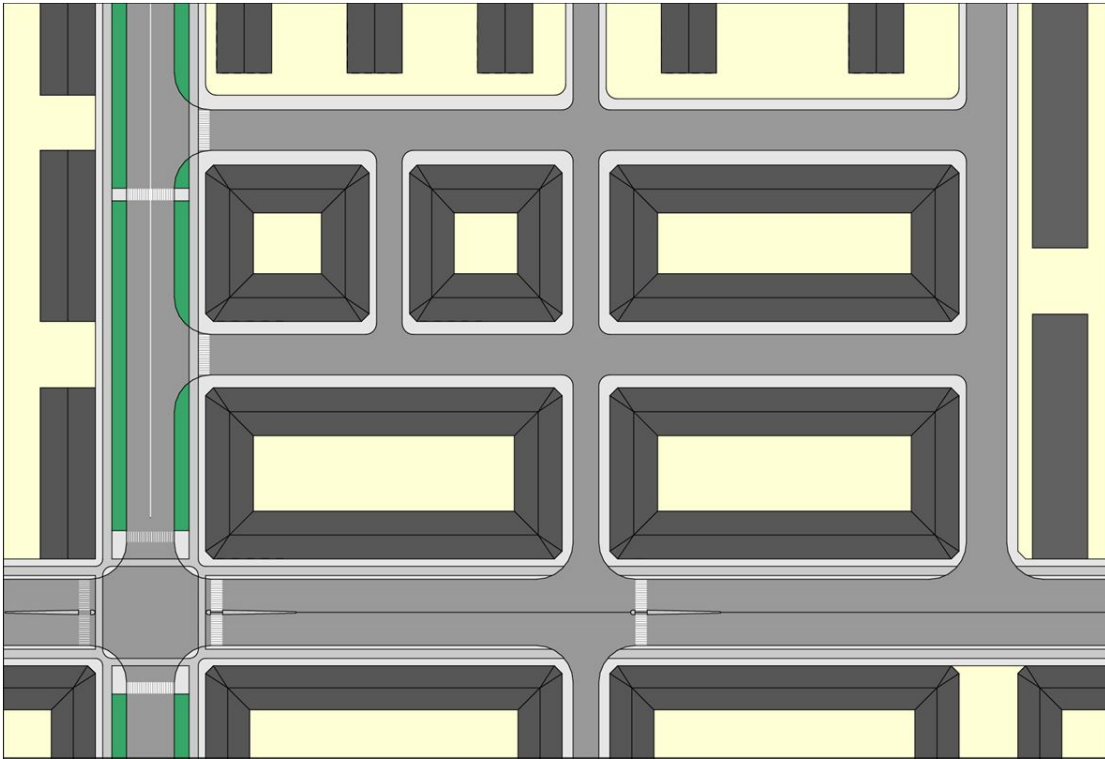
Återkomsttid: 10 år

Mängd: 70 mm

Denna typlösning ger ett bra resultat, eftersom så stor del av hela ytan nyttjas till biofilter. Som en del av ett större sammanhängande system kan dagvatten från kringliggande områden ledas till huvudgatan och på så sätt dra nytta av de biofilter som får plats här.

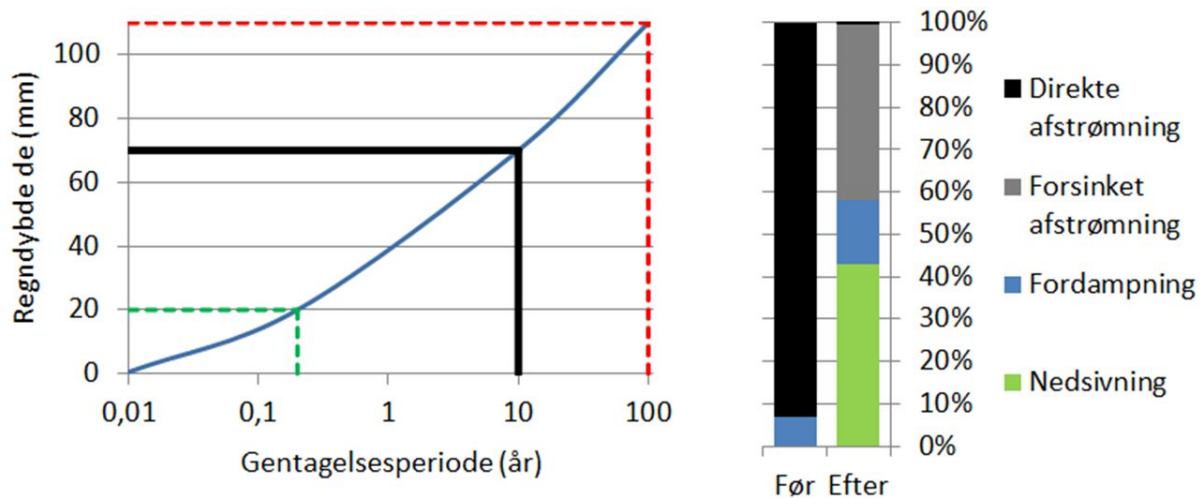
### 5.3.1.6 HELA MODELLEN

---



Hela ytan:	60 628 kvadratmeter (1077 kvadratmeter grönyta borträknad)
Kvartersmark:	35 502,6 kvadratmeter
Gatemark:	25 125,4 kvadratmeter (26 202,4 kvadratmeter inkl. grönyta)
Total yta för regnbäddar:	2601 kvadratmeter

Här ses de lösningar som föreslås i exempeldelen och typlösningdelen applicerat på hela stadsmodellen.



### Kapacitet, nederbörd

Återkomsttid: 10 år

Mängd: 70 mm

Den mängd biofilter som föreslås här, ger högsta möjliga resultat i beräkningsmodellen. Detta resultat diskuteras mer ingående i diskussionsdelen.



## 5.4 VISUALISERINGAR

---

I detta avsnitt presenteras bildmontage, där de föreslagna typlösningarna infogas i befintlig stadsmiljö, sida vid sida med det oförändrade originalfotot. Platserna är valda för att representera typlösningarna i föregående avsnitt, men gatubredder och andra mått kan skilja sig något från modellen. Även detaljer i bilderna kan skilja sig från vad ett verkligt resultat skulle innebära. Till exempel representerar vegetationen i bild inte nödvändigtvis växtmaterial som är lämpligt för regnbäddar, men tanken är att bilden rent visuellt ska likna den typ av färdiga resultat som setts i fallstudierna. Det viktiga är den estetiska aspekten, då det är denna som senare utvärderas i enkätundersökningen, av personer som inte besitter detaljkunskaper.

Fem platser har valts ut i stadsdelen Slottsstaden i västra innerstaden i Malmö. Slottsstaden är ett område med kombinerat ledningsnät som ligger i en naturlig sänka där det innan urbaniseringen rann en bäck (Theland, 2014). Vid skyfallet i augusti 2014 var området ett av de tre som drabbades hårdast av källaröversvämningar (ibid). Området klassas också till stor del som kvartersstad (Malmö stad, 2006). Detta sammantaget gjorde området intressant att studera inom ramen för detta examensarbete.

Utöver tillskottet av regnbäddar och grönska har så lite som möjligt ändrats i bilderna för att jämförelsen mellan före- och efterbilder ska bli rättvis.



*Figur 46 - Originalbild för korsning mellan två lokalgator, Skvadronsgatan och Ö. Kristinelundsvägen.*





Figur 47 - Omgjord efter typlösning "Korsning med klackar".





Figur 48 - Originalbild mitt i lokalgatas gatulänk. Tagen på Lundbergsgatan.





Figur 49 - Omgjord bild för typlösningen "Länkbrytande klack, enfilig avsmalning". Gatan är här något smalare än den i typlösningen, varför utformningen skiljer sig något.





*Figur 50 - Originalbild över anslutning mellan lokalgata och huvudgata. Korsningen mellan Regementsgatan och Tärningholmsgatan.*





*Figur 51 - Omgjord bild efter typlösning "Borttagen anslutning". Anslutande lokalgata är här något smalare än den i typlösningen, varför utformningen skiljer sig något.*





Figur 52 - Originalbild över kortare lokalgata. Del av Skvadronsgatan.





*Figur 53 - Omgjord efter typlösning "Hel länk, lokalgata". Situationen skiljer sig något från typlösningen, exempelvis ansluter gatan mot huvudgata.*





Figur 54 - Originalbild, tagen på Tessins väg.





*Figur 55 - Omgjord bild efter typlösning "Avsmalning av huvudgata". Tessins väg är inte en fyrfilig huvudgata som i typlösningsexemplet, men gatubredden är ungefär den samma (ca 18 meter) varför den bedömdes vara lämplig för en visuell jämförelse*

## 5.5 ENKÄTUNDERSÖKNING KRING ALLMÄNHETENS UPPFATTNING

För att kunna utvärdera hur invånarna i staden uppfattar den förändring i stadsbilden som lösningarna ovan ger, tillfrågades personer i området vad de ansåg om de estetiska värdena.

De tillfrågade personerna fick bläddra igenom en pärm där fem uppslag visade de digitala visualiseringarna från föregående avsnitt, bredvid originalbilderna av den oförändrade gatumiljön. Därefter ställdes fem påståenden där de tillfrågade fick ge sin åsikt på en skala från 1 till 5, där 1 betyder "Instämmer inte alls" och 5 betyder "Instämmer helt". Efter de fem påståendena ställdes en fråga om vad de eventuellt ser som problematiskt med förändringen. På den sista frågan var det möjligt att ge mer än ett svar.

Inför första påståendet gavs ingen information om regnbäddarnas funktion, men inför det andra påståendet informerades den tillfrågade om följande:

*"De tillagda grönyrtorna i bild har som funktion att omhänderta regnvatten. De renar regnvatten från föroreningar och minskar risken för översvämningar vid skyfall. I bilderna är de anlagda efter principer som ökar trafiksäkerheten. Därtill finns det samband mellan en hög mängd grönska i stadsmiljön och förbättrad hälsa."*

Undersökningen utfördes mellan klockan 13.00 och 17.00 den första och andra maj 2016, en söndag och en måndag, båda med fint väder. Jag gick mellan de fem platser där originalbilderna är tagna och frågade de jag mötte om de ville delta i undersökningen.

Nedan redogörs för de fem påståendena och frågan.

1. Förändringen av stadsmiljön i bilden är positiv.

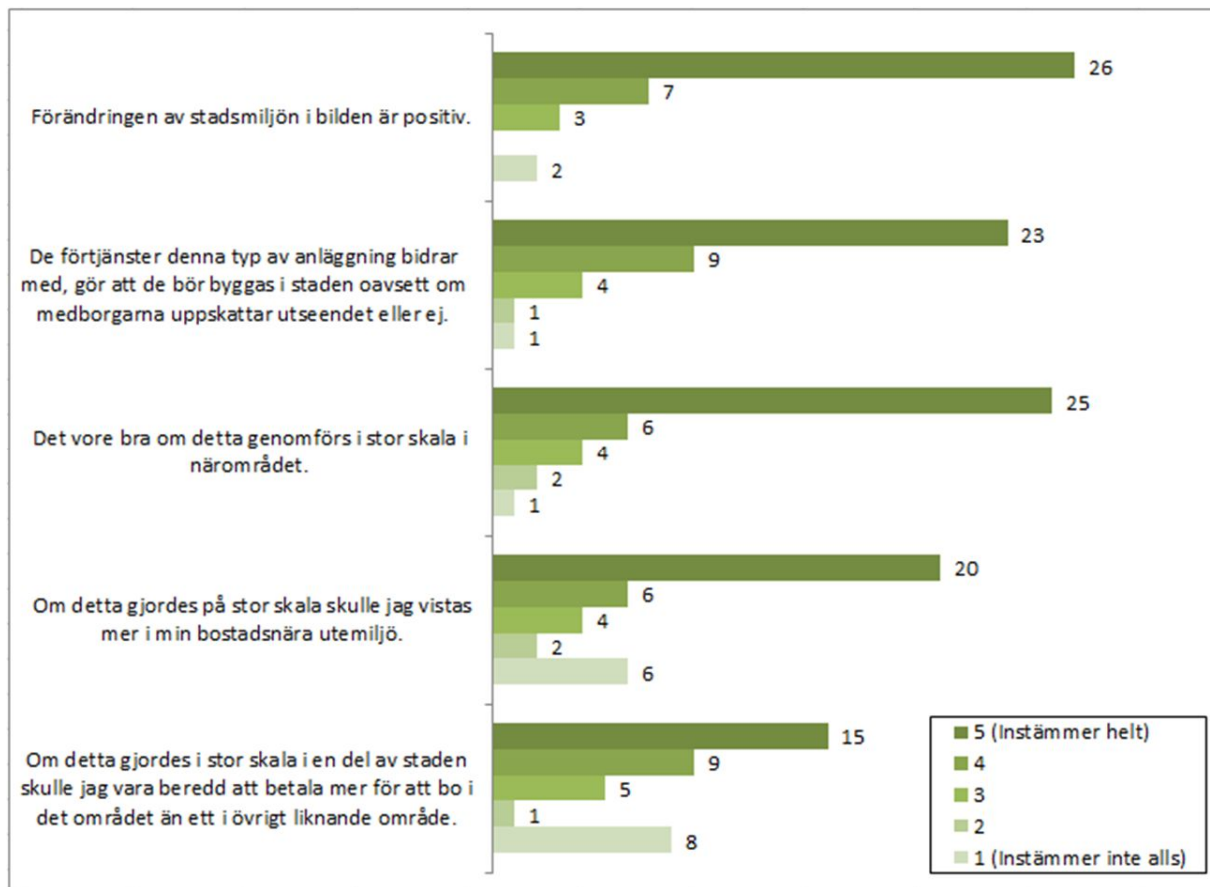
*[mellan dessa påståenden gavs information om regnbäddarnas funktion]*

2. De förtjänster denna typ av anläggning bidrar med, gör att de bör byggas i staden oavsett om medborgarna uppskattar utseendet eller ej.
3. Det vore bra om detta genomförs i stor skala i närområdet.
4. Om detta gjordes på stor skala skulle jag vistas mer i min bostadsnära utemiljö.
5. Om detta gjordes i stor skala i en del av staden skulle jag vara beredd att betala mer för att bo i det området än ett i övrigt liknande område.

❖ Vad ser du som problematiskt med den föreslagna förändringen?  
Svarsalternativ:

- Färre parkeringsplatser
- Krångligare att köra bil
- Skräpig vegetation
- Skadedjur
- Inget
- Annat (specificera)





Figur 56 - Resultatet av enkätundersökningen.

### 5.5.1 RESULTAT

Totalt svarade 38 personer på enkäten. De svarande hade en god könsfördelning och blandning av ålder (ungefär mellan 20 och 80 år).

Överlag var de tillfrågade positivt inställda till förändringarna. Endast en person gav svaret 1 (Instämmer inte alls) på alla fem påståenden, och 11 personer gav svar 5 (Instämmer helt) på alla fem påståenden. En handfull personer uppgav att de själva drabbats av översvämningen 2014. De som gav lågt medhåll på första påståendet nämnde ofta problem med parkeringar eller framkomlighet med bil som ett pro-

blem så fort de fick se första bilden, och vidhöll denna farhåga under resten av undersökningen, gärna med längre utlägg kring saken.

På fjärde påståendet gav många som i övrigt var positivt inställda ett lägre medhåll. Detta hänvisades till att de redan var ute så mycket de kunde, eller att det främst är vädret som styr hur ofta de går ut, men de medgav att det skulle bli trevligare att vistas i närmiljön. Vissa sa att de hellre skulle gå till en närliggande park, även om gatumiljön förändrades så som i bilderna.

Sista påståendet, som undersöker betalningsviljan, gav jämnast resultat. Många som gav högt medhåll i de andra frågorna, sänkte sitt medhåll i sista påståendet.

Frågan "Vad ser du som problematiskt med den föreslagna förändringen?" gav följande svar:

Färre parkeringsplatser:	12
Krångligt att köra bil:	9
Dåligt skött vegetation:	2
Skadedjur:	2
Inget:	12
Annat:	11

De som svarade "Annat" gav följande svar:

- ❖ Risk för ökad trafik i området, bilar som letar efter parkeringar (3)
- ❖ Risk för ökad trafik i området, bilköer för trafik som inte kommer fram (2)
- ❖ Skuggig gatumiljö, träd skymmer solen (1)
- ❖ Trånga gaturum, att området inte skulle upplevas luftigt (1)
- ❖ Trånga gaturum, problem för cyklister att möta bilar (1)
- ❖ Risk för högre hyra (1)
- ❖ Kostnader, högre kommunskatt (1)
- ❖ Dålig trafiksäkerhet för barn, om de leker i eller vid regnbäddarna (1)

Flera av de som gav högt medhåll (4-5) på samtliga frågor, uttryckte ändå oro för parkeringsplatser. De var positivt inställda till förändringarna, men ansåg att parkeringsfrågan måste lösas på ett lämpligt sätt då de redan i nuläget hade problem att hitta parkering. Samtidigt var det flera, av de 12 som svarade "Inget" på sista frågan, som såg positivt på bortfallet av parkeringsplatser eftersom de hoppades på mindre trafik i området.

## 6 DISKUSSION

### ***Vilka effekter har en ombyggnad av hårdgjorda ytor i innerstadsgaturum till biofilter ur klimatanpassningssynpunkt?***

Två effekter av klimatförändringarna som tros påverka städer i framtiden är den urbana värmeöeffekten (Hall et al, 2015), och pluviala översvämningar (MSB, 2013).

Den urbana värmeöeffekten påverkar redan hälsotillståndet för invånare i svenska städer (Åström et al, 2013) och framtida konsekvenser förväntas drabba utsatta grupper som äldre och småbarn (Hall et al, 2015). Skyfall och pluviala översvämningar ser ut att bli ett vanligare problem i svenska städer (Andersson et al, 2015), vilket kan få allvarliga konsekvenser eftersom att städers koncentration av värden och funktioner gör de sårbara (MSB, 2013).

Enligt European Environmental Agency (2012) kan grön infrastruktur och stadsplanering vara till hjälp för att öka skyddet mot klimatförändringarna. En ombyggnad av hårdgjorda ytor i innerstadsgaturum till biofilter är ett sätt att bidra till detta skydd.

Stadens fysiska utformning kan påverka värmeöeffekten genom byggnaders utformning, material, placering i förhållande till varandra och förhållandet mellan hårdgjorda ytor och vegetation (Thorsson, 2012). Men att hus är byggda för att släppa in mycket ljus och hålla inne värme (Hall et al, 2015) eller husens placering i förhållande till varandra, är svårt att ändra i den befintliga staden. Förhållandet mellan hårdgjorda ytor och vegetation går däremot lättare att ändra. Gatumarken kan rymma mer grönska än den gör idag, vilket teoretiskt borde mildra temperaturer vid värmeböljor.

I stadsmodellen ger biofilterytorna ett tillskott av 2601 kvadratmeter grönyta,

drygt 4 procent av hela stadsmodellens yta, eller en minskning från 96 procent hårdgjord gatumark till 86 procent. Därtill ökar mängden träd i gatumiljön av de föreslagna ändringarna. En förändring i förhållandet mellan hårdgjorda ytor och vegetation av den graden borde rimligtvis bidra till att mildra kommande och rådande konsekvenser av den urbana värmeöeffekten. I Köpenhamns Klimakvarterprojekt planeras 50 000 kvadratmeter av områdets totala 270 000 kvadratmeter byggas om till grönytor (Klimakvarter, 2013). Detta visar att det är praktiskt möjligt att öka mängden grönyta även i riktiga städer.

Risken för pluviala översvämningar beror både på avloppsledningsnätets dimensionering och förhållandet mellan grönytor och hårdgjorda ytor i staden (Andersson et al, 2015). I beräkningarna utförda på stadsmodellen visade det föreslagna tillskottet av biofilterytor ge god effekt på avrinningen. Det föreslagna tillskottet innebär att endast 1 procent av årsnederbörden går till direkt avrinning, jämfört med 93 procent före ändringen. Tillskottet beräknas också kunna hantera nederbördsmängder på minst 70 mm, motsvarande ett regn med återkomsttid på 10 år enligt beräkningsmodellen. Därefter tar det befintliga ledningsnätet vid.

Tyvärr ger inte beräkningsmodellen någon insikt i hur tillskottet av biofilter skulle klara av extrema skyfall likt de som drabbade Köpenhamn 2011 eller Malmö 2014. Troligtvis skulle de inte räcka till. Men de föreslagna typlösningarna är bara del av en länk i den kedja av dagvattenlösningar som Peter Stahre (2004) beskriver. I beräkningsexemplen studeras endast steget "Fördröjning nära källan på allmän platsmark". Varje del är tänkt att minska belastningen på nästa del i kedjan, vilket i detta fall blir "Trög avledning" och slutligen "Samlad fördröjning". I Köpenhamn



arbetar de efter en liknande grundtanke, där dagvatten som överstiger vad som kan hanteras lokalt, leds bort från bebyggelsen via *Skyfallsvägar*. MSB (2013) skriver också att värden kan skyddas från översvämningar genom att leda nederbörden till grönytor och naturliga lågpunkter.

Det förefaller vara så, att en ombyggnad av hårdgjorda ytor i innerstadsgaturum till biofilter, på egen hand kan hantera kraftig nederbörd lokalt, men att biofilter på gatumark vid extrema skyfall bör ses som en viktig länk i en kedja av åtgärder som samverkar för att skydda de värden som återfinns i våra städer.

Både när det gäller värmeböljor relaterade till den urbana värmeöeffekten, och pluvi-ala översvämningar till följd av frekventare skyfall, förefaller en större andel grönytor i staden kunna ge ett visst skydd mot förväntade konsekvenser av klimatförändringarna.

#### ***Vilka ytor i gaturummet kan tas i anspråk för anläggning av biofilter?***

Hårdgjorda trafikytor tar upp en stor del av stadens utrymme, till följd av tidigare stadsplanering och prioritering av trafiken över andra funktioner (Linderholm & Indebetou, 2009). Bilen tar upp stor del av trafikytorna. Jämfört med cyklister eller kollektivtrafikresenärer tar de 10 gånger mer yta i anspråk (Kuocky, 2014 online). Varje person som väljer bort sin bil frigör 90 kvadratmeter i staden (ibid). En förändring i bilanvändning skulle alltså frigöra mycket yta till anläggning av biofilter.

**"I slutänden handlar det om en kamp om stadsutrymmet, en fördelningsfråga. Hur många procent av befolkningen använder hur många procent av ytan och av investeringarna?"**

(Kuocky, 2014 online)

I de utförda fallstudierna av Portland, Köpenhamn och Malmö sågs exempel på vilka ytor som kan nyttjas. I vissa fall handlade det om att begränsa trafiken eller parkeringsmöjligheter i någon mån, men det gick också att se exempel på hur ytor med parkeringsförbud eller onödigt breda gator kunde ge plats åt biofilter utan att påverka trafiken. Inom projektområdet för *Klimakvarter* beräknas till exempel gatorna kunna göras 20 procent smalare med bibehållen trafikstandard (Klimakvarter, 2013).

Sammanfattningsvis visar fallstudierna och förslagen i stadsmodellen och typlösningarna att de ytor som lämpligen kan tas i anspråk för anläggning av biofilter är: ytor belagda med parkeringsförbud; trafikytor som, om de bebyggs, ökar trafiksäkerheten vid att göras smalare eller separera trafik; trafikytor som, om de bebyggs, minskar genomfartstrafik; grönytor som idag inte tar emot dagvatten, till exempel trädrad intill gata; delar av torg och annan hårdgjord allmän platsmark; parkeringsytor.

Därtill visar litteraturstudien på en stor potential för att frigöra ytor vid en minskning av privatbilismen vilket ger effektivare utnyttjande av trafikytorna och ett minskat behov av parkeringsplatser.

**"Att skapa utrymme för dagvattnet i stadsmiljön kommer i framtiden att bli lika naturligt som att skapa utrymme för andra allmänna ändamål i staden. Ambitionen bör härvid vara att försöka utnyttja de positiva värden anläggningarna kan tillföra staden."**

(Stahre, 2004 s.12)

(

***Tillför en sådan ombyggnad staden ekonomiska, sociala eller ekologiska värden?***

Öppna dagvattenlösningar, däribland biofilter, kan bespara kommunala förvaltningar kostnader då utökning eller uppgradering traditionella tekniska lösningar är kostsamt (Stahre, 2004). I Köpenhamns Klimakvarter-projekt ses de öppna dagvattenlösningarna som ett sätt att undvika en dyr kapacitetsökning av ledningsnätet, och samtidigt skapa andra värden i staden (Klimakvarter, 2013). Det samma gäller även i Portland (City of Portland, 2015a).

Ekonomiskt sett är de folkhälsofrämjande fördelarna som biofilter i stadsmiljö bidrar med, genom en större mängd grönska i staden, gynnsamt för samhället. Dessvärre finns det svaga kopplingar mellan investeringar och vinster gällande blågröna lösningar, och den som betalar får sällan ta del av besparingarna. (Jansson et al, 2013).

För kommunen kan en del av vinsten fås vid ökade skatteintäkter från höjda fastighetsvärden (Jansson et al, 2013). Studier visar en vilja att betala mer för en fastighet invid grönstruktur, framförallt stora grönytor (ibid). Det är svårt att säga hur inslag av mindre grönytor, som biofilter, påverkar fastighetspriserna. I enkätundersökningen var fråga 5, frågan om viljan att betala mer för att bo i ett område med stor mängd biofilter, den som gavs lägst medhåll. Detta till trots blev median-svaret 4 på skalan 1-5, vilket ger en antydning till viss betalningsvilja för en grönare gatumiljö i kvartersstaden.

Stadens sociala värden berörs också av mängden grönska. Både Jansson et al (2013) och Boverket (2004) tar upp sätt på vilket grönskan påverkar de sociala aspekterna för de som bor och vistas i staden, och förhållandet mellan dem. Vissa av de sociala värden som tas upp av källorna avser större sammanhängande parker eller rekreationsområdets påverkan.

Detta förefaller bero på dessa områdets attraktivitet, att de är platser en gärna vistas på. Men även gatumiljöer av blandad funktion med mycket grönska uppfattas som attraktiva (Jansson et al, 2013) (Boverket, 2004). Därför kan även mindre inslag av grönska, fördelat i gaturummen, ses som bidragande till sociala värden.

Ur ett ekologiskt perspektiv ges staden ett tillskott av vegetation och grönstruktur. Avgasutsläpp från bilar i stadsmiljö kan minska om lägre hastigheter uppnås, antingen med skyltning eller fysiska hastighetsdämpande åtgärder (Hedström, 1999). Exempelvis kan gatubreddens minskas, eller kan gatulänkar brytas upp i kortare segment och bidra till att hålla nere hastigheterna (Malmö stad, 2006). Biofilterytorna kan utformas som fysiska hastighetsdämpande åtgärder och därmed bidra till att minska utsläpp från bilar. Men om fysiska hinder istället ger upphov till ryckig körning kan effekten vara motsatt (Hedström, 1999). Exempelvis kan en bilist lockas till att öka hastigheten inför en avsmalning för att hinna förbi innan mötande bil (VGU, 2004). Placering och utformning av biofilter bör därför anpassas efter platsens trafikförhållanden. På gator där möte ofta sker kan det vara bättre att skilja vägbanorna åt med en refug än med klackar och lågtrafikerade gator kan istället punktvist avsmalnas till ett körfält för att undvika att bilar nyttjar hela gatubreddens. Har en bilist tillgång till hela gatan kan bredden bjuda in till höga hastigheter (Malmö stad, 2006).

Litteraturstudien visar också att biofilter har en god förmåga minska den mängd föroreningar som dagvattnet annars för med sig till recipienten eller reningsverket.

Anläggande av biofilter efter de principer som föreslås i arbetet kan såklart även bidra till att minska den totala bilanvändningen på sikt, och därmed minska utsläpp av växthusgaser samt föroreningar i dagvattnet.

***Vilken inverkan skulle omfattande ombyggnader av detta slag ha på gaturummens attraktivitet och hur skulle det uppfattas av invånarna?***

Henriksson & Svensson (2014) beskriver den attraktiva innerstaden som en allmän nytthet, en tillgång som ägs lika av alla i staden. Ökad biltrafik kan på många sätt (buller, olycksrisker, utlokalisering av service m.m) minska innerstadens attraktivitet och därmed värdet på den allmänna nyttheten som ägs av alla, även om långt från alla äger och nyttjar bilen (ibid). Omvänt borde därmed en minskning av biltrafiken bidra till stadens attraktivitet.

I den undersökning Henriksson & Svensson (2014) utförde, visade sig 80 procent av de tillfrågade vilja minska biltrafiken i Malmö. Enkätundersökningen i Slottssstaden visade att de flesta uppskattar förändringen av gatumiljön som anläggandet av biofilter medför, trots (ibland tack vare) begränsningar för biltrafik och parkeringsmöjligheter.

Sammantaget verkar majoriteten anse det vara mer attraktivt med mindre trafik och mer grönska i innerstaden. Att närliggande grönytor ger högre fastighetsvärden och mer betalningsvilliga konsumenter (Jansson et al, 2013) kan också ses som ett tecken på en ökad attraktivitet.

***Övriga slutsatser***

Biofilter kan ge synergieffekter för stadsmiljön. Hall et al (2015) beskriver hur höga temperaturer kan leda till att luftföroreningar blir mer skadliga. Att då minska föroreningskällan som trafiken utgör genom att plantera träd, vilka sänker temperaturen, ges dubbel vinning för stadsmiljön.

Vegetation i staden kan gynnas av biofilter. Idag utvecklas många träd i staden dåligt på grund av begränsad vattentillgång (Pålstam, 2003). Att leda dagvatten till träden ökar trädens välmående och

vitalitet samtidigt som det bidrar till klimatanpassningen. En framtida reduktion av trafiken, där utrymmet prioriteras till biofilter, i kombination med mildare vintar kan minska behovet att salta på vintern, och därmed minska stressen för stadens grönsstruktur.

---

**6.1 AVSLUTANDE REFLEKTIONER**

---

Klimatförändringarna sker över långa tidsperspektiv och ofta är slutet av seklet den tidperiod som forskare sätter sina prognoser för (Andersson et al, 2015). Det går inte helt att veta hur klimatet kommer att påverka oss om hundra år, men som SMHI (Andersson et al, 2015) skriver, bör vi tänka efter vad riskerna är om vi underskattar kommande effekter. Översvämningarna i Köpenhamn och Malmö tyder på att vi kanske redan har underskattat dem. Att göra stora förändringar i stadsbilden tar sannolikt lång tid, framför allt att etablera vegetation. Omfattningen av de ekosystemtjänster som träd erbjuder, t.ex. fenomenet *interception*, som beskrivs av Sjöman & Slagstedt (2015), och den beskuggning som skyddar mot värmeböljor, växer med träden och därmed bör det också tas hänsyn till hur lång tid det tar för träd att nå sin fulla storlek.

En kan också fundera på vad klimatanpassningsåtgärder kan bidra med, även om klimateffekterna gällande skyfall skulle vara överskattade. Om ett varmare klimat leder till att människor väljer att vistas utomhus mer, eller cykelpendla större delar av året, kan detta ses som ett argument för öka våra utemiljöers attraktivitet, vilket biofilter till synes gör. De ekonomiska, ekologiska och sociala värden som anläggandet av biofilter kan sägas tillföra staden bör ses som önskvärda i alla lägen.

Med tanke på resultatet av enkätundersökningen kan det i dagsläget vara lättare



att få stöd från allmänheten för att anlägga biofilterytor som inte tar några parkeringsplatser i anspråk, så som typlösning 1 (Korsning med klackar). I ett senare skede om parkeringsmöjligheter ordnas på annat vis, eller om bilanvändningen minskar, kan de övriga typlösningarna införas.

I arbetet redovisas argument för att minska biltrafiken i stadsmiljön, och detta kan vara eftersträvt även innan gatuparkering och bilanvändningen eventuellt minskar. Att då först anlägga typlösning 1 kan vara ett bra sätt att ge allmänheten positiva inslag utan att någon upplever en förlust av bekvämligheter i staden. När sedan parkeringsplatser minskar är de boende införstådda med värdet i omställningen.

Det framgår i litteraturstudien att det finns samhällsekonomiska vinster med grönskan i staden. Detta är ekonomiska vinster som staten tar del av, men kostnader för anläggandet landar på de enskilda kommunerna (Jansson et al, 2013). Det kan därmed argumenteras för att staten borde utbetala bidrag till städer för att arbeta med hållbar dagvattenhantering.

Det verkar kort finnas mycket att vinna på att anlägga biofilter i gaturummet, och mycket att förlora om inget görs. Därtill verkar majoriteten föredra den förändring som detta innebär för deras stadsmiljö.

Jansson et al (2013) skriver att större sammanhängande grönområden i staden är attraktiva. I den föreslagna ändringen kan många mindre inslag bindas ihop till större sammanhängande system i staden. Ett frodigt grönt, attraktivt nätverk med låga bullernivåer, ren luft, hög trafiksäkerhet och tryggheten av gatans folkliv.

---

#### 6.1.1 BRISTER I METODEN

---

På grund av tidsramen fanns inte möjlighet att utforska alla de alternativ som fanns ur fallstudierna, till exempel anläggande av biofilter på torgliknande ytor eller befintliga grönytor.

Noggrannare utredningar kan behövas för att bedöma vid vilka trafikmängder det är lämpligt att applicera de olika typlösningarna utan att orsaka trängsel. Även körspårsanalyser bör lämpligen utföras på de olika förslagen för att anpassa svängradier för tyngre fordon.

Enkätundersökningen kunde ha utförts på efter en mer beprövad metod, och borde i sådant fall utförts i större omfattning, med fler tillfrågade.

Då det bedömdes ligga utom min kompetens utfördes inga ingående beräkningar på vilka nederbördsmängder de olika typlösningarna kan hantera. Beräkningsmodellen lånad av Lerer et al (2015) ger en god fingervisning, men exaktare resultat vore av intresse.

---

#### 6.1.2 FÖRSLAG PÅ VIDARE UNDERSÖKNINGAR

---

En slutsats från arbetet är att biofilterytor i sig förmodligen inte ger tillräckligt skydd mot de mest extrema skyfallen. Det vore intressant att undersöka hur de senare delarna i dagvattenkedjan, alltså avledningsvägar och större fördröjningsmagasin, kan integreras i staden på ett sätt som skapar värden i staden utöver ett skydd mot sällsynta skyfall.

---

## REFERENSER

---

---

### BÖCKER

---

Pålstam, Y (2003). *Träd i stadsmiljö: goda exempel för fler och friskare träd i våra tätorter*. Stockholm: Svenska kommunförbundet

Sjöman, H & Slagstedt, J (red.) (2015). *Träd i urbana landskap*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur.

Stahre, P (2004) *En långsiktigt hållbar dagvattenhantering - planering och exempel*. Stockholm: Svenskt vatten.

---

### HEMSIDOR

---

City of Portland (2015a) *Stormwater management in Portland*  
<https://www.portlandoregon.gov/bes/article/372076> [hämtad 2015-12-02]

City of Portland (2015b) *Sustainable stormwater management*  
<https://www.portlandoregon.gov/bes/34598> [hämtad 2015-12-02]

City of Portland (2015c) *Green streets* [hämtad 2015-12-09]  
<https://www.portlandoregon.gov/bes/45386>

Koucky, M (2014) *Jämställ cyklarna med bilarna*. Arkitekten.  
<http://www.arkitektur.se/jamstall-cyklarna-med-bilarna> [hämtad 2015-11-18]

NE (2015) *Hållbar utveckling*.  
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/h%C3%A5llbar-utveckling>  
[hämtad 2015-11-12]

SMHI (2014) *Extremt kraftigt regn över Malmö*.  
<http://www.smhi.se/nyhetsarkiv/extremt-kraftigt-regn-over-malmo-1.77503> [hämtad 2015-10-29]

Ståhle, A (2008) *Den hållbara staden är både tät och grön*. Svenska dagbladet.  
<http://www.svd.se/den-hallbara-staden-ar-bade-tat-och-gron/om/kultur:under-strecket>  
[hämtad 2015-11-12]

---

### RAPPORTER

---

Andersson L., Bohman A., van Well L., Jonsson A., Persson G. & Farelius J. (2015) *Underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat*. SMHI Klimatologi Nr 12, SMHI, E-601 76 Norrköping, Sverige.

Berg, J (2013) *Parkering för hållbar stadsutveckling*. Stockholm: Sveriges Kommuner och Landsting, 2013.

Boverket (2004) *Hållbara städer och tätorter i Sverige - förslag till strategi*. Karlskrona: Boverket, Rapport Augusti 2004.

City of Portland (2006) *Green streets cross-bureau team report - phase 1*. Portland: City of Portland Oregon, Mars 2006.

EEA (2012) *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 - An indicator-based report*. Köpenhamn: EEA (European Environmental Agency Report No 12/2012).

Hall, M., Lund, E., Rummukainen, M. (red) (2015) *Klimatsäkrat Skåne*. CEC Rapport Nr 02. Centrum för miljö- och klimatforskning, Lunds universitet. ISBN 978-91-981577-4-1

Hedström, R (1999) *Miljöeffekter av 30 km/h i tätort - med avseende på avgasutsläpp och buller, En förstudie*. Linköping: Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI meddelande, 1999:869).

Henriksson, P & Svensson, T (2014) *Invånarnas syn på den framtida trafiken i Malmös innerstad - resultat från en enkätundersökning*. Linköping: Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI notat, 2014:17).

Linderholm L & Indebetou L (2009) *Ytsnåla trafikanläggningar - del av en förstudie*. Lund: Trivector (2009:03).

MSB (2013) *Pluviala översvämningar - Konsekvenser vid skyfall över tätorter. En kunskapsöversikt*. Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (MSB 567-13)

Thorsson, S. (2012) *Stadsklimatet - Åtgärder för att sänka temperaturen i bebyggda områden*. Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI-R--3415--SE).

---

#### STUDENTARBETEN

---

Theland, J (2015) *Funktionen av hållbara dagvattenlösningar och gröna ytor vid extrema regn - En analys baserad på översvämningarna i Malmö den 31 augusti 2014*. Lunds Universitet. Självständigt arbete vid Avdelningen för Teknisk Vattenresurslära (Institutionen för Bygg- och Miljöteknologi).

Wellander, Å (2015) *Systembeskrivning av regnbäddar - Från ståndortsuppbyggnad till växtfysiologiska och morfologiska egenskaper*. Sveriges lantbruksuniversitet. Självständigt arbete vid LTV-fakulteten. Avancerad nivå.

Wiström, F (2014) *Biochar as soil amendment in flow-through planters - for increased treatment of zinc roof runoff*. Sveriges lantbruksuniversitet. Självständigt arbete vid LTV-fakulteten.

---

#### TIDSKRIFTSARTIKLAR

---

Backhaus, A. & Fryd, O (2013) The aesthetic performance of urban landscapebased stormwater management systems: a review of twenty projects in Northern Europe. *Journal of Landscape Architecture*, 8:2, 52-63, DOI: 10.1080/18626033.2013.864130



Borst, H. C., Miedema, H. M. E., de Vries, S. I., Graham, J. M. A., van Dongen, J. E. F (2008) Relationships between street characteristics and perceived attractiveness for walking reported by elderly people. *Journal of Environmental Psychology*, 28, 353-361.

Diblasi, C J, Li, H, Davis, A P, Ghosh, U (2009) Removal and Fate of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Pollutants in an Urban Stormwater Bioretention Facility. *Environmental Science & Technology*, 2009, 43, ss. 494–502.

Davis, A P, Shokouhian, M, Sharma, H, Minami, C, Winogradoff, D (2003) Water Quality Improvement through Bioretention: Lead, Copper, and Zinc Removal. *Water Environment Research*, vol. 75, (No. 1 Jan - Feb 2003), ss. 73-82.

Grahn, P & Stigsdotter, U (2010) The relation between perceived sensory dimensions of urban green space and stress restoration. *Landscape and Urban Planning*, 94, ss. 264-275.

Hunt W, Jarrett A, Smith J, & Sharkey L (2006) Evaluating Bioretention Hydrology and Nutrient Removal at Three Field Sites in North Carolina. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 10.1061/(ASCE)0733-9437(2006)132:6(600), 600-608.

Kardan O, Gozdyra P, Misic B, Moola F, Palmer L J, Paus T & Berman M G (2015) Neighborhood greenspace and health in a large urban center. *Scientific Reports*, 5, 11610; doi: 10.1038/srep11610 (2015).

Kahlert D & Schlicht W (2015) Older People's Perceptions of Pedestrian Friendliness and Traffic Safety: An Experiment Using Computer-Simulated Walking Environments. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, 10066-10078; doi:10.3390/ijerph120810066.

Lerer, M., Abrahamsen Vester, M., Jomo Danielsen Sørup, H., Arnbjerg- Nielsen, K. & Steen Mikkelsen, P. (2015) Værktøj til vurdering af LAR-potentiale. *Vand & Jord*, 22, ss. 127-130.

Li, H & Davis, P (2008) Heavy Metal Capture and Accumulation in Bioretention Media. *Environmental Science & Technology*, 42, ss. 5247–5253.

Takano, T., Nakamura, K., Watanabe, M (2002) Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: the importance of walkable green spaces. *Journal of Epidemiol Community Health*, 56, ss. 913-918.

Åström D O, Forsberg B, Kristie L E & Rocklöv J (2013) Attributing mortality from extreme temperatures to climate change in Stockholm, Sweden. *Nature climate change*, vol 3, ss. 1050-1054.

---

#### OKATEGORISERADE

---

Christoffersson T (2015) Nybäddat för regn och grönska. *Vårt Malmö*. Oktober 2015.

IPCC (2013) Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Jansson, M., Persson, A., Östman, L. (2013) Hela staden: Argument för en grönblå stadsbyggnad, Stad & Land Nr 183.

Klimakvarter (2013) Københavns første klimakvarter - vision, baggrund og projekter. Köpenhamn, Klimakvarter. Tillgänglig [2016-05-12] via: <http://klimakvarter.dk/wp-content/uploads/2015/06/Projektkatalog-Klimakvarter-WEB.pdf>

Lindfors, T., Bodin-Sköld, H., Larm, T. (2014) Inventering av dagvattenlösningar för urbana miljöer - översikt och fördjupningsdel. Vinnova.

Malmö stad (2006) Gatusektioner - Råd och exempel vid utformning av gatumiljöer. Gatukontoret, oktober 2006.

Malmö stad (2014) *Objektgodkännande Genomförande av gata och gångbana inom exploateringsområde Kv Oket, detaljplan Dp4696 samt Dp4745, projektnummer 8472*. Malmö: Malmö stad (TN-2014-438).

Malmö stadsbyggnadskontoret (2002) *Dp4696*. (Gällande). Malmö: Malmö stad.

Malmö stadsbyggnadskontoret (2006) *Dp4745*. (Gällande). Malmö: Malmö stad.

Stockholm stad (2005) *Dagvattenstrategi för Stockholm stad*. Tillgänglig online [2016-05-13] <http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/mp/4/dagvattenstrategi.pdf>

Svenskt Vatten (2011) *Hållbar dag- och dränvattenhantering - Råd vid planering och utformning*. Publikation P105. Svenskt vatten.

Transportstyrelsen (2014) *Stanna och parkera*. Best nr pv 09303. Utgåva 7 oktober 2014. Tillgänglig online [2016-01-04] [http://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/publikationer/vag/trafikant/pv09303\\_stanna-parkera\\_2014-10-01\\_webb.pdf](http://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/publikationer/vag/trafikant/pv09303_stanna-parkera_2014-10-01_webb.pdf)

VGU (2004) *Vägar och gators utformning*, VGU, Vägverket och Svenska Kommunförbundet, ISSN 1401-9612, VV Publikation 2004:80, 2004-05